ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ ΣΕ (ΑΣΥΡΜΑΤΑ) ΔΙΚΤΥΑ, ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ (ΜΕ WIRESHARK) ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ.

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ: ΒΙΚΗ ΔΗΜΗΤΡΑ – ΜΑΡΙΑ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ: 13995

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΑΡΓΑΡΙΤΗ ΣΠΥΡΙΔΟΥΛΑ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΜΦΟΡΗΣΗΣ ΣΕ (ΑΣΥΡΜΑΤΑ) ΔΙΚΤΥΑ, ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ (ΜΕ WIRESHARK) ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ.

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ: ΒΙΚΗ ΔΗΜΗΤΡΑ – ΜΑΡΙΑ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ: 13995

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΑΡΓΑΡΙΤΗ ΣΠΥΡΙΔΟΥΛΑ

ΆΡΤΑ, 2019

CONGECTION ANALYSIS IN (WIRED) NETWORKS, DETECTION AND WAYS OF CONFRONTATION

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Τόπος, Ημερομηνία

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής

Όνομα Επίθετο,

τίτλος, βαθμίδα

2. Μέλος επιτροπής

Όνομα Επίθετο,

τίτλος, βαθμίδα

3. Μέλος επιτροπής

Όνομα Επίθετο,

τίτλος, βαθμίδα

Ο/Η Προϊστάμενος/η του Τμήματος

Όνομα Επίθετο,

τίτλος, βαθμίδα

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία, θα γίνει μια αναφορά στα δίκτυα και πως αυτά είναι δομημένα και πώς αποστέλλουν τα δεδομένα τους από το ένα άκρο επικοινωνίας σε άλλο. Επίσης, θα καταγραφούν και οι κίνδυνοι και τα προβλήματα που ελλοχεύουν καθόλη αυτή την προσπάθεια επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων. Τα προβλήματα συγκαταλέγονται στον όρο «συμφόρηση» και ο τρόπος αντιμετώπισης τους είναι γνωστός με τον όρο «έλεγχος συμφόρησης», στον οποίο θα γίνει εκτενή αναφορά με τους μηχανισμούς και τους αλγορίθμους που αυτός περιλαμβάνει. Τέλος, θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα καταγραφής κίνησης πακέτων δικτύων Wireshark για να παρουσιαστούν πραγματικά δεδομένα καταγραφής πακέτων σε ασύρματο δίκτυο σε χώρο Πανεπιστημίου.

Λέξεις – κλειδιά: συμφόρηση, έλεγχος συμφόρησης, αλγόριθμος , TCP

Abstract

This paper will deal with networks and how they are structured and how they send their data from one end to another. The risks and problems that underlie this effort to communicate between nodes will also be recorded. Problems are referred to as "congestion" and the way they are addressed is known as "congestion control", which will refer to the mechanisms and algorithms that it contains extensively. Finally, the Wireshark network packet capture software will be used to present real packet log data on a wireless network at a University site.

Keyword: congestion, congestion control, algorithm, TCP

Περιεχόμενα

Κατάλογος Εικόνων

Κατάλογος Πινάκων

Εισαγωγή

Στην παρούσα εργασία, θα γίνει μια προσπάθεια καταγραφής των πιο διαδεδομένων μηχανισμών ελέγχου συμφόρησης σε δίκτυα. Πριν την καταγραφή αυτών των μηχανισμών, θα γίνει αναφορά στο πώς λειτουργούν τα δίκτυα εστιάζοντας στο μοντέλο TCP/IP, ένα μοντέλο που χρησιμοποιείται πια σε όλων των ειδών δίκτυα ανά το κόσμο. Θα συνεχιστεί, με την καταγραφή των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν τα πάσης φύσεως δίκτυα, προσπαθώντας να δώσει μια εικόνα στο τι έχει να αντιμετωπίσει το πρωτόκολλο μεταφοράς TCP. Τέλος, θα παρουσιαστούν οι μηχανισμοί που συμβάλλουν στην αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, με όσο το δυνατόν εκτενή αναφορά στην λειτουργία τους έτσι ώστε να γίνει κατανοητή πως επιλύονται. Ως επίλογος της εργασίας αυτής, θα είναι η καταγραφή πραγματικών κινήσεων πακέτων σε οικιακό χώρο.

Κεφάλαιο 1 : Δίκτυα Υπολογιστών και Ασύρματα Δίκτυα

Η εποχή που διανύουμε χαρακτηρίζεται από την ‘εισβολή” της τεχνολογίας και όλων των τομέα που σχετίζονται με αυτή, στη καθημερινότητα των ατόμων. Χαρακτηριστικό της εποχής είναι ότι η offline κατάσταση θεωρείται πια πολυτέλεια. Όπου μεταβεί ο οποιοσδήποτε από εμάς, αναζητά WIFI για να πλοηγηθεί στο Διαδίκτυο και στις Υπηρεσίες του. Δεν υπάρχει πια σπίτι, ακόμα και στο πιο απομακρυσμένο σημείο, που να μην έχει μια ενσύρματη ή ασύρματη σύνδεση για το Διαδίκτυο. Και , πια, οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας προσφέρουν, με ελάχιστο κόστος, συνδέσεις 3G, 4G καθώς και 5G (σε δοκιμαστικές περιοχές) για να έχουν πρόσβαση οι πελάτες τους στα δεδομένα. Βέβαια, η εξέλιξη τω δικτύων , κυρίως, δεν έγινε εν μια νυκτί. Και υπήρχαν και υπάρχουν ακόμα και σήμερα, αρκετοί παράμετροι που επηρεάζουν τη λειτουργία και την απόδοση των δικτύων αυτών.

Στις παρακάτω σελίδες, θα γίνει μια αναφορά στη εξέλιξη των Δικτύων γενικότερα αλλά θα αναφερθούν και τα είδη τους που έχουν αναπτυχθεί.

1.1 Δίκτυα Υπολογιστών: Η εξέλιξη

Η ανάγκη για επικοινωνία μεταξύ των ατόμων ήρθε από πολύ νωρίς. Στα αρχαία χρόνια, χρησιμοποιούσαν διάφορους τρόπους για να μπορέσουν να επικοινωνήσουν ειδικά σε μεγάλες αποστάσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι φωτιές που άναβαν οι Αρχαίοι Έλληνες, οι λεγόμενες Φρυκτωρίες , οι οποίες χρησιμοποιούνταν ως μέσο επικοινωνίας εξ αποστάσεως κυρίως βέβαια σε καταστάσεις εμπόλεμες για τη μετάδοση μηνυμάτων των στρατηγών.

Σε νεότερες εποχές, χρησιμοποιήθηκαν τα λεγόμενα ταχυδρομικά περιστέρια για να μεταφέρουν μηνύματα στη μικρή τους θήκη στα άκρα τους. Να σημειωθεί , ότι αυτή η μέθοδος , διατηρήθηκε μέχρι και τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο.

Τέλος, μια άλλη αξιοσημείωτη προσπάθεια για επικοινωνία σε απόσταση ήταν και οι σωληνώσεις επικοινωνιών που χρησιμοποιούνταν στην Κίνα. Συγκεκριμένα, μέσα στο Σινικό τείχος , υπάρχουν εκατοντάδες μέτρα μεταλλικών σωληνώσεων μέσω των οποίων μεταδίδονταν η φωνή από το ένα φυλάκιο στο άλλο. (Σφέτσος Η., 2013)

Στην πιο πρόσφατη ιστορία, υπήρξε ο τηλέγραφος από τον Samuel Morse το 1830 μέχρι το τηλέφωνο που εφευρέθηκε το 1876 από τον Graham Bell.

Μετά την επανάσταση που έφερε η εφεύρεση του τηλεφώνου και την δυνατότητα κάποιος να επικοινωνήσει σε μακρινή απόσταση με τον συνομιλητή του, η επόμενη ερώτηση ήταν πώς γίνεται να εξελιχθεί και άλλο η επικοινωνία.

Η απάντηση ήρθε μέσω διαφόρων άλλων προσπαθειών όπως ψηφιακή μεταγωγή το 1890, T1 Carrier την δεκαετία του ’60 μέχρι σήμερα που υπάρχει το Διαδίκτυο ακόμα και η τηλεφωνία μέσω διαδικτύου (VoIP). Δηλαδή, στις μέρες μας , γίνεται λόγος για τα δίκτυα πια. (Σταυρακάκης, 2007)

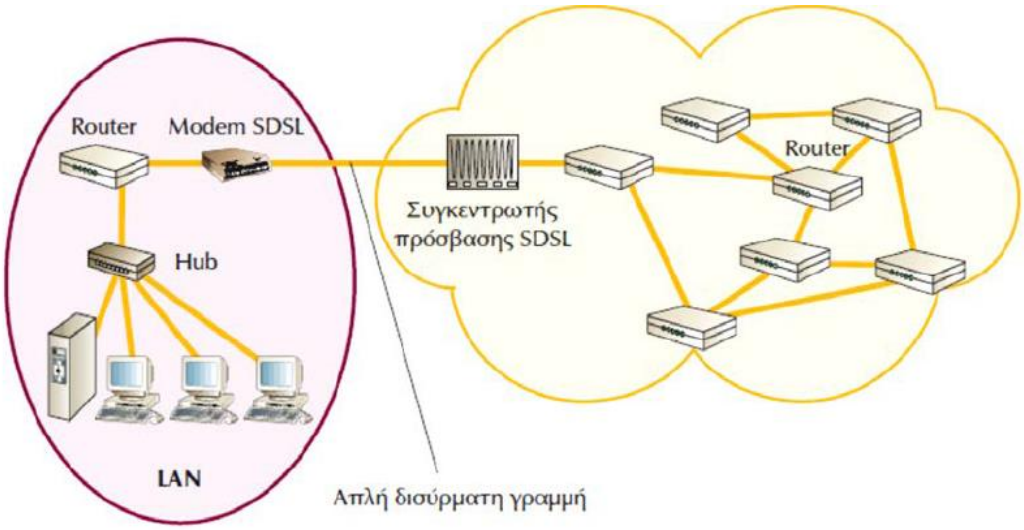
Επειδή η συγκεκριμένη εργασία, θα επικεντρωθεί στην καταμέτρηση μεγεθών για ασύρματα δίκτυα, οι παρακάτω παράγραφοι , θα αφιερωθούν στην κατηγοριοποίηση των Δικτύων.

Τα δίκτυα, λοιπόν , κατηγοριοποιούνται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- **Τηλεπικοινωνιακό Δίκτυο**

Πρόκειται για το γνωστό μας τηλέφωνο σταθερό και την υποδομή που υπάρχει για την λειτουργία του. Ο πρόγονος του σημερινού μας τηλεφωνικού δικτύου, που είναι πια ψηφιακό, ενσύρματο ή ασύρματο, πέρασε από αρκετά στάδια εξέλιξης.

Το πρώτο στάδιο της εξέλιξης αυτής είναι το PSTN (Public Switched Telephone Network) ή διαφορετικό είναι γνωστό ως Δημόσιο Τηλεφωνικό Δίκτυο. Είναι το δίκτυο που χρησιμοποιούμε ακόμα απλά έχει δεχτεί αναβαθμίσεις. Βασίζεται σε συνδεσμολογία μέσω ομοαξονικών καλωδίων συνεστραμμένου ζεύγους. Τα καλώδια αυτά επιτρέπουν την μετάδοση της φωνής, αναλογικά δηλαδή δεδομένα, που αυτό με τη σειρά τους οδηγεί στην χρήση μικρού εύρους συχνοτήτων. Αυτό δεν ήταν πρόβλημα , μέχρι που εμφανίστηκε και η ανάγκη μετάδοσης ψηφιακών δεδομένων.



Εικόνα 1.1: Τηλεπικοινωνιακό Δίκτυο

Η λύση αυτού του προβλήματος ήταν το ISDN. Το ISDN (Integrated Services Digital Network) ή αλλιώς Ψηφιακό Δίκτυο ολοκληρωμένων υπηρεσιών αποτελεί εξέλιξη του PSTN και παρέχει ψηφιακή μετάδοση επικοινωνίας από άκρο σε άκρο προσφέροντας και μεγάλες ταχύτητες δεδομένων, για εκείνη την εποχή, που έφταναν τα 64Kbps. Βέβαια, ενώ επέτρεπε στο χρήστη την δυνατότητα της περιήγησης του στο Διαδίκτυο, παρόλα αυτά η γραμμή μπορούσε μονομερώς να ήταν απασχολημένη. Δηλαδή , η τηλέφωνο ή Διαδίκτυο , δεν γίνονταν ταυτόχρονα.

Η επόμενη μεγάλη αλλαγή έγινε με την ADSL. Η τεχνολογία αυτή, βασίστηκε στη προηγούμενη εγκατάσταση του τηλεπικοινωνιακού δικτύου. Αυτό που αναβάθμισε είναι τα τηλεφωνικά κέντρα και τους εξυπηρετητές της. Στην ADSL εποχή , οι ταχύτητες είναι μακράν ταχύτερες από την ISDN εποχή. Το μέγιστο θεωρητικό όριο είναι 24Kbps. Επίσης, υπάρχει το πλεονέκτημα, ότι λόγω της πολυπλεξίας της γραμμής , η ADSL παρέχει και τη μετάδοση της φωνής αλλά και μετάδοση δεδομένων για ανέβασμα (upload) και για κατέβασμα (download). Επίσης, η γραμμή είναι του κάθε χρήστη και μπορεί να υποστηρίξει ταυτόχρονα και τηλεφωνική σύνδεση και σύνδεση στο Διαδίκτυο χωρίς η μια να εμπλέκεται με τα δεδομένα της άλλης.

Βέβαια η ADSL εποχή θα δώσει και αυτή με τη σειρά της τα ηνία στις νέες τεχνολογίες όπως VDSL όπου οι ταχύτητες είναι διπλάσιες από αυτές που προσφέρει.

- **Δίκτυα Υπολογιστών**

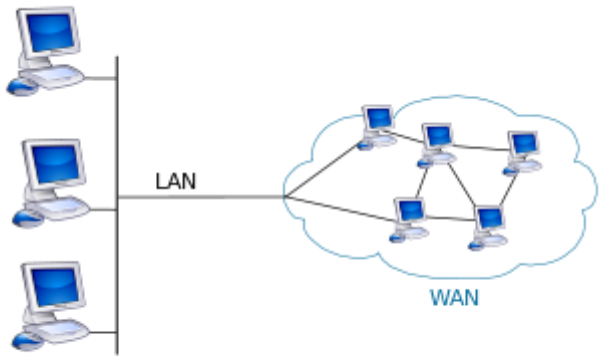
Μιλώντας για δίκτυα δεν θα ήταν δυνατόν να μην γίνει αναφορά στα Δίκτυα Υπολογιστών, Δίκτυα Υπολογιστών εννοείται η σύνδεση δύο ή περισσοτέρων ηλεκτρονικών υπολογιστών με διάφορες συσκευές με απώτερο σκοπό την επικοινωνία τους.

Τα δίκτυα των υπολογιστών και αυτά με τη σειρά τους έχουν εξελιχθεί , με κυρίαρχο αντιπρόσωπο τους το Διαδίκτυο. Παρόλα αυτά, υπάρχουν και άλλα δίκτυα που κατατάσσονται ανάλογα με το χώρο και το εύρος που καταλαμβάνουν . Κάποια ενδεικτικά είναι τα εξής:

Τοπικά Δίκτυα – LAN (Local Area Network): Πρόκειται για δίκτυα υπολογιστών που βρίσκονται σε πολύ μικρή απόσταση μεταξύ τους όπως εντός μιας αίθουσας εργαστηρίου

Δίκτυα Ευρείας Περιοχής – WAN (Wide Area Network): Πρόκειται για δίκτυα που επεκτείνονται ακόμα και σε διαφορετικά κτήρια , για παράδειγμα, μιας εταιρείας

Μητροπολιτικά Δίκτυα – MAN (Metropolitan Area Network): Πρόκειται για δίκτυα που επεκτείνονται στα όρια μιας πόλης

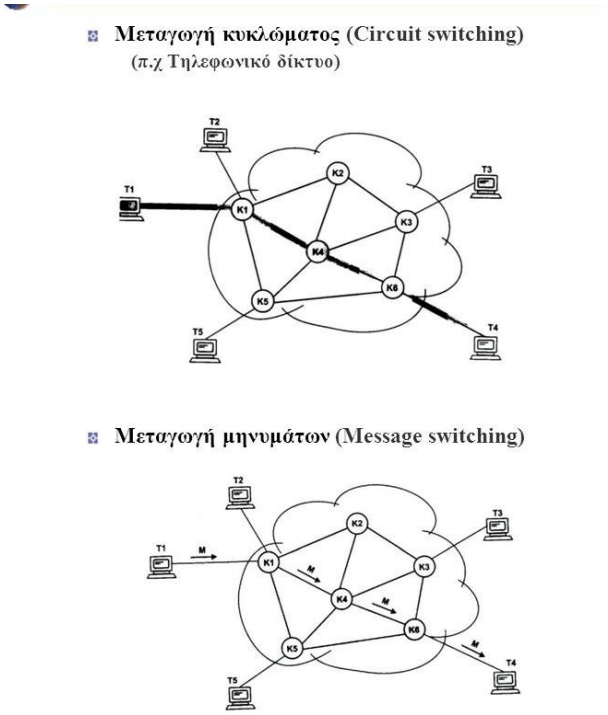


Εικόνα 1.2: LAN & WAN

Επίσης , κατατάσσονται ανάλογα με τον τρόπο που διασυνδέονται μεταξύ τους και με τον τρόπο που διαμοιράζουν την πληροφορία. Όπως:

Δίκτυα Μεταγωγής κυκλώματος : Τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω κυκλώματος χωρίς κάποια επεξεργασία

Δίκτυά Μεταγωγής Πακέτου: Τα δεδομένα για να αποσταλούν στο φυσικό μέσο του δικτύου, διασπώνται σε τμήματα, τα λεγόμενα πακέτα.



Εικόνα 1.3: Δίκτυα Μεταγωγής

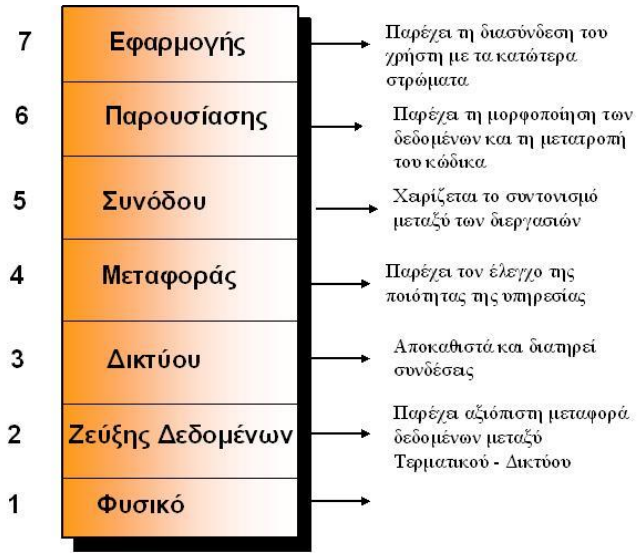
Τέλος, κατηγοριοποιούνται και ως προς την τεχνολογία μετάδοσης όπως: ***Δίκτυα σημείο προς σημείο, Δίκτυα εκπομπής*** (Δουκάκης, 2014)

1.1.1 Μοντέλο OSI – Μοντέλο TCP

Τα δίκτυα υπολογιστών αποτελούνται από υλικό και λογισμικό. Το υλικό τους περιλαμβάνει καλώδια, κάρτες δικτύου και Ethernet, δρομολογητές, switch κοκ. Όσο αφορά το λογισμικό, ο καλύτερος τρόπος προσέγγισης τους είναι τα πρωτόκολλα και τα διάφορα επίπεδα/στρώματα στα οποία έχουν οργανωθεί.

Στη πρώιμη μορφή των δικτύων υπολογιστών, το μοντέλο το οποίο είχε προταθεί και για αρκετά χρόνια είχε υιοθετηθεί ήταν το λεγόμενο μοντέλο OSI. Το μοντέλο αυτό, ήταν ένας τρόπος οργάνωσης των διάφορων πρωτοκόλλων τα οποία όριζαν πως θα διαμοιράζονταν

την πληροφορία δύο κόμβοι μεταξύ τους έτσι ώστε να επιτευχθεί η επικοινωνία. Το μοντέλο αυτό αποτελούνταν από 7 επίπεδα / στρώματα, τα οποία και φαίνονται στην Εικόνα 1-1.



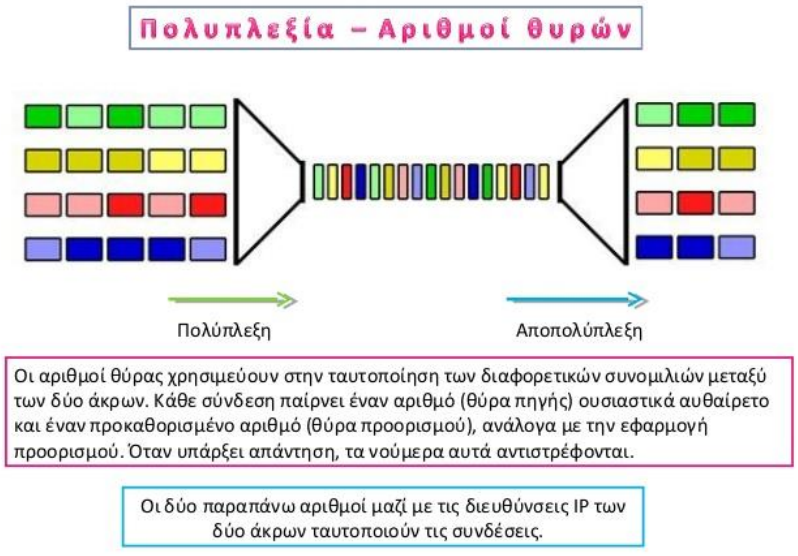
Εικόνα 1.4: Μοντέλο OSI και η Διαστρωμάτωση του

Το κάθε στρώμα από αυτά ήταν προσανατολισμένο σε συγκεκριμένες λειτουργίες πχ το Επίπεδο Εφαρμογής ήταν υπεύθυνο έτσι ώστε όταν λάβει την οργανωμένη πληροφορία από το αμέσως κατώτερο επίπεδο, να την μεταφέρει και να την 'παρουσιάσει' στην κατάλληλή εφαρμογή για τον χρήστη.

Το μοντέλο OSI , όμως, είχε κάποιους περιορισμούς, Στο τελευταίο επίπεδο του , έπρεπε να τεθούν όλες οι λεπτομέρειες για τη διασύνδεση διαφορετικών δικτύων. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα λύθηκε τη δεκαετία του 1970 από τους Bomb Kahn και Vent Cerf. Η ομάδα πρωτοκόλλων που πρότειναν χρησιμοποιείται έως και σήμερα και είναι γνωστό ως TCP/IP. Το όνομα του το πήρε από τα δύο βασικά πρωτόκολλα TCP και IP. Επειδή , η εργασία θα επικεντρωθεί στον έλεγχο συμφόρησης και αυτός ο έλεγχος συμβαίνει στο επίπεδο μεταφοράς του μοντέλου αυτού, θα γίνει αναφορά στο βασικό πρωτόκολλο , το TCP. Το TCP προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Transfer Control Protocol – Πρωτόκολλο Ελέγχου Μεταφοράς.

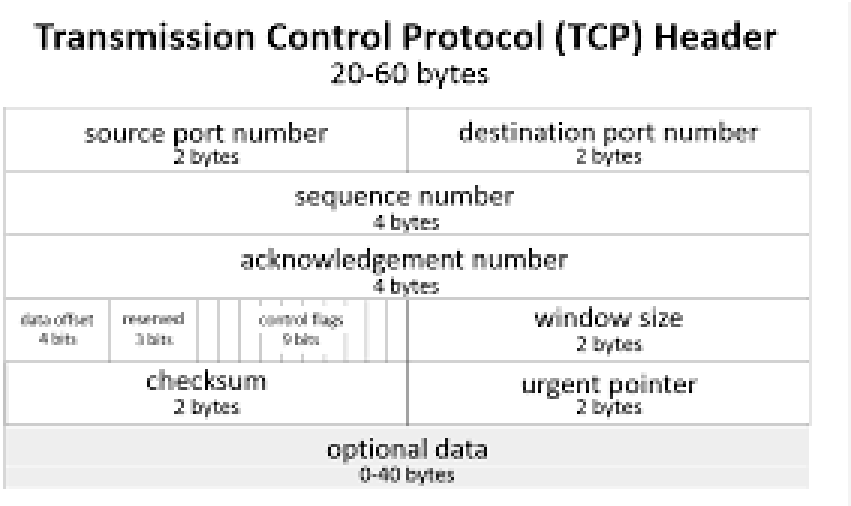
Το πρωτόκολλο αυτό, είναι επιφορτισμένο με ένα σύνολο ενεργειών για να μπορέσει να επιτευχθεί η επικοινωνία μεταξύ των δύο άκρων. Κάποιες από τις λειτουργίες που επιτελεί είναι οι παρακάτω:

- Τεμαχισμός των δεδομένων σε segments έτσι ώστε να μπορούν να σταλούν στο δίκτυο. Κάθε segment περιέχει στην επικεφαλίδα του λεπτομέρειες ή αλλιώς πεδία τα οποία έχουν σκοπό να ελέγχουν την απόδοση της σύνδεσης μεταξύ των δύο άκρων. Κάποια από αυτά τα πεδία είναι: α) θύρες (port) β) Αριθμός επιβεβαίωσης για κάθε segment που στέλνεται, γ) Μέγεθος παραθύρου για τους ταμιευτήρες πακέτων δ) Αριθμός σειράς κοκ
- Επαναποστολή πακέτων σε περίπτωση απώλειας ή καθυστέρησης στο δίκτυο
- Έλεγχος ροής
- Και από την άλλη μεριά της επικοινωνίας, το TCP είναι υπεύθυνο να τοποθετήσει τα λαμβανόμενα πακέτα στη σωστή σειρά, με βάση τον αριθμό σειράς , έτσι ώστε να προκύψει η αρχική πληροφορία χωρίς απώλειες.
- Επίσης, βασικό χαρακτηριστικό του TCP είναι η λεγόμενη **πολυπλεξία.** Η πολυπλεξία έχει να κάνει με την δυνατότητα του TCP να χρησιμοποιείται από πολλές διεργασίες και πρωτόκολλα των ανώτερων επιπέδων και παρόλα αυτά, τα δεδομένα και οι υπηρεσίες να είναι διαχωρισμένες.



Εικόνα 1.5: Πολυπλεξία του TCP

Οι παραπάνω λειτουργίες είναι και αυτές που καθιστούν το TCP αξιόπιστο για την επικοινωνία των δικτύων. Μια επιπλέον λειτουργία, η οποία θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο είναι και ο έλεγχος συμφόρησης.



Εικόνα 1.6: Πεδία Επικεφαλίδας TCP

1.2Ασύρματα Δίκτυα

Η συγκεκριμένη εργασία, θα παρουσιάσει στα επόμενα κεφάλαια, έναν τρόπο καταγραφής των πακέτων και των παραγόντων που συμβάλλουν στην μετάδοση της πληροφορίας σε ασύρματα δίκτυα. Για αυτό , πριν γίνει αυτή η παρουσίαση, θα γίνει λόγος για τα ασύρματα δίκτυα και πώς αυτά λειτουργούν.

1.2.1 Ορισμός και Αρχιτεκτονική Ασύρματων Δικτύων

Ενώ στις προηγούμενες παραγράφους έγινε λόγος για τα δίκτυα και τις κατηγοριοποίησης τους, στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στα ασύρματα δίκτυα που είναι πια στοιχείο της καθημερινότητας των χρηστών.

«*Ασύρματο δίκτυο , λοιπόν, είναι ένα δίκτυο στο οποίο η επικοινωνία των χρηστών αλλά και των δομικών στοιχείων που τα αποτελούν γίνεται πλήρως ή μερικώς χωρίς τη χρήση ενσύρματων μέσων*» (Παπαπέτρου, 2019). Για το ασύρματο δίκτυο, λοιπόν, μπορεί να χρησιμοποιηθεί διαμορφωμένα οπτικά σήματα, υπέρυθρα σήματα και ραδιοκύματα.

Ασύρματο δίκτυο μπορεί να συναντηθεί και σε τηλεπικοινωνιακό δίκτυο όπως το κυψελοειδές δίκτυο, το οποίο ,δεν είναι παρά ,η γνωστή κινητή τηλεφωνία.

Το γνωστό handset, συγκαταλέγεται ,επίσης, στην ασύρματη τηλεφωνία όπου η επικοινωνία γίνεται με έναν σταθμό βάσης.

Εκεί που θα επικεντρωθεί το συγκεκριμένο κεφάλαιο , είναι τα ασύρματα δίκτυα υπολογιστών και θα προσπαθήσει να καταγράψει τα διάφορα είδη τους και τα πρωτόκολλα τους.

Στην παρούσα φάση , θα γίνει μια ανάλυση ως προς την αρχιτεκτονική που χρησιμοποιείται στα ασύρματα, αυτά δίκτυα υπολογιστών.

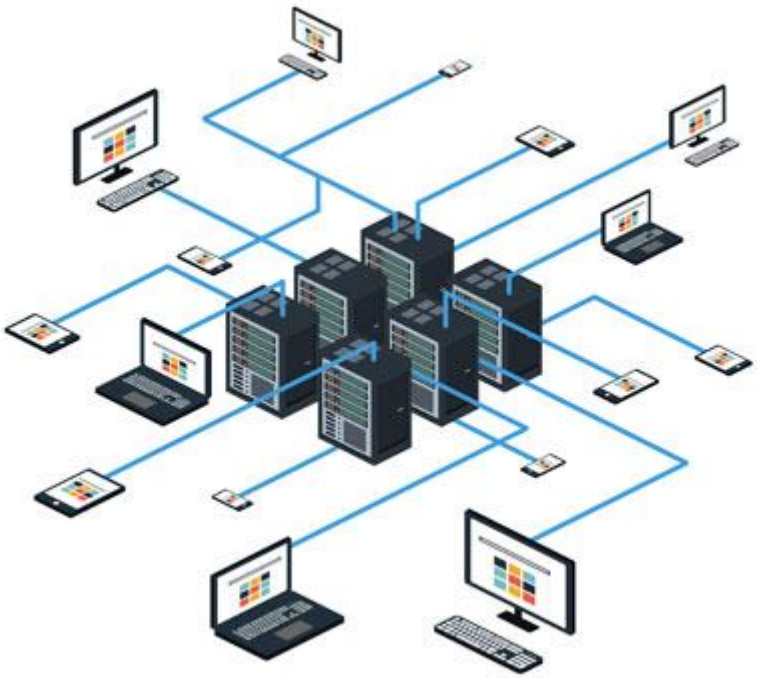
Αρχιτεκτονική Ασύρματων Δικτύων

Τα ασύρματα δίκτυα βασίζονται σε δυο αρχιτεκτονικές:

- Αρχιτεκτονική με σημεία πρόσβασης (Infrastructure networks)
- Αρχιτεκτονική χωρίς σταθμούς βάσης (ad hoc networks)

Αρχιτεκτονική Ασύρματων Δικτύων με σημείο πρόσβασης (infrastructure networks)

Όπως αναφέρει και το όνομα της αρχιτεκτονικής αυτής, οι διάφοροι υπολογιστές/κόμβοι που θέλουν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους, χρησιμοποιούν ενδιάμεσους σταθμούς βάσης. Οι σταθμοί βάσης με τη σειρά τους συνδέονται μεταξύ του μέσω ενσύρματων και ασύρματων τρόπων,

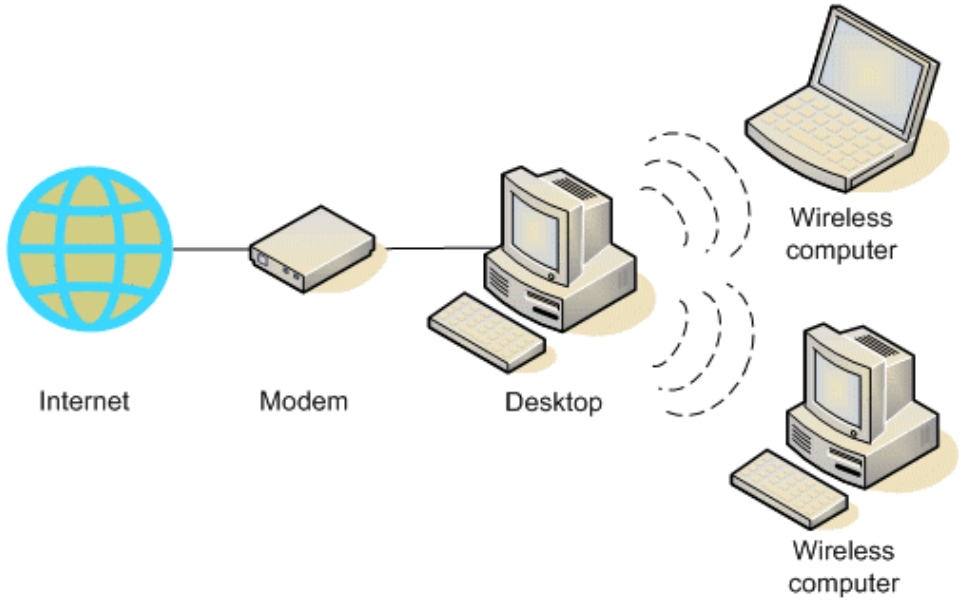


Εικόνα 1.7: Infrastructure Network

Αρχιτεκτονική χωρίς σημεία πρόσβασης (Ad -hoc)

Στην συγκεκριμένη αρχιτεκτονική, τα τερματικά που συνδέονται στον εν λόγω ασύρματο δίκτυο, είναι σε θέση να επικοινωνούν μεταξύ τους άμεσα χωρίς κάποιο ενδιάμεσο σημείο πρόσβασης.

Τα περισσότερα από αυτά ασύρματα δίκτυα εκτείνονται τοπικά , δηλαδή συγκαταλέγονται στα Τοπικά Δίκτυα (Local Area Network).



Εικόνα 1.8: Ad Hoc Network

Επίσης, είναι αναγκαίο να αναφέρουμε και τα βασικά δομικά στοιχεία στα οποία στηρίζονται οι παραπάνω αρχιτεκτονικές, και για τα οποία θα γίνει αναφορά και στα παρακάτω κεφάλαια.

Δομικά στοιχεία ασύρματου Δικτύου

- Κανάλι: Το μέσο μεταφοράς για το ηλεκτρομαγνητικό κύμα
- Πομπός: Ο κόμβος που μετατρέπει την πληροφορία σε κατάλληλή μορφή για να μεταφερθεί στο κανάλι
- Δέκτης: Ο κόμβος που δέχεται την πληροφορία που εστάλη από τον πομπό
- Εύρος ζώνης: Το σύνολο των συχνοτήτων που μπορεί να έχει ένα σήμα για να μεταδοθεί στο κανάλι
- Επίπεδο θορύβου: το γνωστό S/N – λόγος ισχύος σήματος προς θόρυβο
- Χωρητικότητα καναλιού: ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων (ταχύτητα μετάδοσης) . (Παπαπέτρου, 2019)

1.3Κατηγορίες Ασύρματων Δικτύων

Υπάρχουν αρκετές κατηγορίες ασύρματων δικτύων και κάποια από τα οποία χρησιμοποιούνται καθημερινά. Κάποια από τα οποία περιγράφονται παρακάτω και τα οποία αναφέρονται με τα πρότυπα που χρησιμοποιούν.

Α) Bluetooth:

Το πρότυπο Bluetooth αποτελεί από τις πιο γνωστές κατηγορίες ασύρματων δικτύων. Χρησιμοποιείται για να καλύψει μικρά και μικρού εύρους δίκτυα. Υποστηρίζει την ταυτόχρονη μετάδοση φωνής και δεδομένων, την επικοινωνία πολυμέσων και είναι αρκετά εύκολο στη χρήση. Αρκεί να σημειωθεί, ότι ήταν ευρέως διαδομένο για την μετάδοση πληροφοριών μεταξύ κινητών τηλεφώνων , όταν ακόμα δεν είχε διαδοθεί το WIFI. Η περιοχή συχνοτήτων που υποστηρίζει είναι στα 2 GHz .

Αξίζει να σημειωθεί ότι το συγκεκριμένο πρότυπο, είναι αρκετά ανεκτό στους εξωτερικούς θορύβους και έχει την ικανότητα να αναπηδά από συχνότητα σε συχνότητα για να αποφύγει τις παρεμβολές.

Το Bluetooth, πια θεωρείται τετριμμένο ως πρότυπο και είναι ενσωματωμένο σε αρκετές συσκευές όπως τα έξυπνα τηλέφωνα και τα κινητά τηλέφωνα , όπως προαναφέρθηκε, σε εκτυπωτές , σε ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές κοκ. (Ιωάννου Α., 2013)

Εικόνα 1.9: Bluetooth και οι συσκευές που υποστηρίζει

Β)Πρότυπο IEEE 802.111 – WLAN

Αυτό το πρότυπο είναι το ασύρματο τοπικό δίκτυο – Wireless Local Area Network. Πρόκειται για ασύρματο δίκτυο στο οποίο οι χρήστες μπορούν να συνδεθούν σε αυτό ενώ είναι κινούμενοι.

Το πρότυπο αυτό προτάθηκε από την IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers , και περιλαμβάνει τις προδιαγραφές που απαιτούνται για την λειτουργία που περιγράφηκε αμέσως παραπάνω.

Συγκεκριμένα, το πρότυπο αυτό , και όλες οι νέες εκδόσεις του, περιλαμβάνουν το πρωτόκολλο Ethernet καθώς και το CSMA/CA , το οποίο είναι μέθοδος πολλαπλής πρόσβασης στο μέσο με αποφυγή συγκρούσεων. Επίσης, χρησιμοποιείται μέθοδος διαμόρφωσης, η οποία από έκδοση σε ‘άλλη έκδοση του προτύπου διαφέρει. Στο συγκεκριμένο πρότυπο (802.11) χρησιμοποιήθηκε η διαμόρφωση PSK. Ο ρυθμός μετάδοσης που παρέχει φτάνει στα 2Mbps. Στον πίνακα 1.1 , παρουσιάζονται και οι διάφορες εκδόσεις του προαναφερθέντος προτύπου μαζί με το ρυθμό μετάδοσης. (Πεπούδη Α.,2009)

Εικόνα 1.10: WLAN

Πρότυπο IEEE	Μέγιστος ρυθμός μετάδοσης	Συχνότητες
802.11	**1Mbps/2Mbps**	**2,4GHz**
802.11a	**11Mbps**	**55GHz**
802.11b	**5.5 Mbps/11 Mbps**	**2.4GHz**
802.11g	**54 Mbps**	**2.4GHz**
802.11n	**600 Mbps**	**2.4Ghz & 5GHz**

Πίνακας 1-1Έκδόσεις Προτύπων 802.11x

1.4 Εφαρμογές των Ασύρματων Δικτύων

Τα πρότυπα των ασύρματων δικτύων, δεν θα σταματήσουν να εξελίσσονται και να ενημερώνονται από τη στιγμή που και η τεχνολογία των δικτύων εξελίσσεται και αυτή.

Οι εφαρμογές αυτών των δικτύων είναι αναρίθμητες.

Μπορούν να εφαρμοστούν:

- Σε επικοινωνία μεταξύ των χρηστών σε επιχειρήσεις και εταιρείες
- Σε νοσοκομεία για την παρακολούθηση ασθενών, έξυπνους θαλάμους κοκ
- Στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα
- Στη βιολογία
- Στις κατασκευές για την καταγραφή και τον εντοπισμό ατελειών και ανωμαλιών στην εκάστοτε κατασκευή
- Ακόμα , και στην γεωργία όπως στην καλλιέργεια αμπελώνα στην οποία έχουν εισαχθεί αισθητήρες θερμοκρασιών , οι οποίοι με ασύρματο δίκτυο αποστέλλουν τα δεδομένα θερμοκρασίας και υγρασίας στους σταθμούς επεξεργασίας.

Οι εφαρμογές , διαπιστώνεται εύκολα, των ασύρματων δικτύων , είναι πια σε κάθε πτυχή της καθημερινότητας και όχι μόνο. Όμως, γενικά τα δίκτυα , για να μπορέσουν να αποδώσουν πρέπει να ξεπεράσουν κάποιες τεχνικές δυσκολίες.

Κεφάλαιο 2 : Συμφόρηση Δικτύων Και αντιμετώπιση

Πριν γίνει αναφορά για τη συμφόρηση των δικτύων, θα πρέπει να γίνει αναφορά στα κομβικά σημεία που επικεντρώνεται η κίνηση των δικτύων.

Έτσι, λοιπόν, θα πρέπει να γίνει αναφορά στους παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των δικτύων για να γίνει κατανοητό και η μέτρηση που περιλαμβάνεται στο τελευταίο μέρος της εργασίας αυτής.

2.1 Αξιολόγηση Απόδοσης Δικτύων

Η αξιολόγηση της απόδοσης ενός δικτύου είναι πολύ σημαντική για να μπορέσει ο εκάστοτε διαχειριστής να βγάλει συμπεράσματα για την επιτυχημένη ή όχι λειτουργία ενός δικτύου. Με τους παράγοντες που θα αναφερθούν παρακάτω, ο διαχειριστής είναι σε θέση να εντοπίσει το πρόβλημα και να το αντιμετωπίσει αναλόγως.

Εδώ, αξίζει να αναφερθεί ότι, σε ένα πραγματικό δίκτυο που βρίσκεται σε λειτουργία, η αξιολόγηση του γίνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα έτσι ώστε, να υπάρχει πάντα σύμπνοια μεταξύ λειτουργικότητας και ικανοποίησης από μέρος των χρηστών. Όταν, όμως, το δίκτυο είναι ακόμα υπό κατασκευή, τότε ακολουθείται μια διαδικασία με βάση ενός μοντέλου του δικτύου. Όταν πια αναπτυχθεί, πλήρως η αξιολόγηση επαναλαμβάνεται ενώ ακόμα βέβαια δεν έχει δοθεί ακόμα σε χρήση. (Φουληράς Π, 2015)

Υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση των δικτύων. Οι μετρικές που χρησιμοποιούνται αναφέρονται και ως QoS – Quality of Service. Οι παράγοντες αυτοί παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω:

- ***Διαμετακομιστική Ικανότητα ή αλλιώς ThroughPut*** : Η διαμετακομιστική ικανότητα θα μπορούσε να ταυτιστεί με τον όρο εύρος ζώνης (BandWidth). Αναφέρεται στο πλήθος των bits που μπορούν να μεταφερθούν πάνω σε ένα δίκτυο για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Βέβαια ο αγγλικός όρος throught, περισσότερο προσανατολίζεται στη πραγματική (μετρημένη) απόδοση ενός συστήματος. Για να γίνει κατανοητή η διαμετακομιστική ικανότητα , θα δοθεί ένα παράδειγμα: Εάν ένα σύστημα μετρηθεί για 10Mbps τότε σημαίνει ότι σε ένα δευτερόλεπτο διοχετεύονται 1 εκατομμύριο bits στο δίκτυο. Όμως, λόγω πολλών παραγόντων μπορεί η πραγματική

διαμετακομιστική ικανότητα , η πραγματική , μπορεί να πέσει και στα 2Mbps. (Χειλάς, 2007)

- ***Καθυστέρηση Μεταφοράς (latency):*** Η καθυστέρηση αναφέρεται στη χρονική διαφορά μεταξύ της λήψεως του πακέτου IP σε ένα καθορισμένο σημείο εισόδου του δικτύου και της μετάδοσης σε ένα συγκεκριμένο σημείο εξόδου. Μπορεί να μετρηθεί είτε προς μια κατεύθυνση είτε αμφίδρομα εξαιρώντας το χρόνο επεξεργασίας που λαμβάνει χώρα στο ένα άκρο. Ο χρόνος αυτός, είναι γνωστός στη βιβλιογραφία και ως RTT – Round Trip Time (Φουληράς, 2015)

Συγκεκριμένα , ισχύουν οι τύποι:

RTT=2 * Delay

Όπου :

Delay = Καθυστέρηση_Μεταφοράς = Χρόνος_Διάδοσης + Χρόνος Μετάδοσης - Χρόνος Αναμονής

Και :

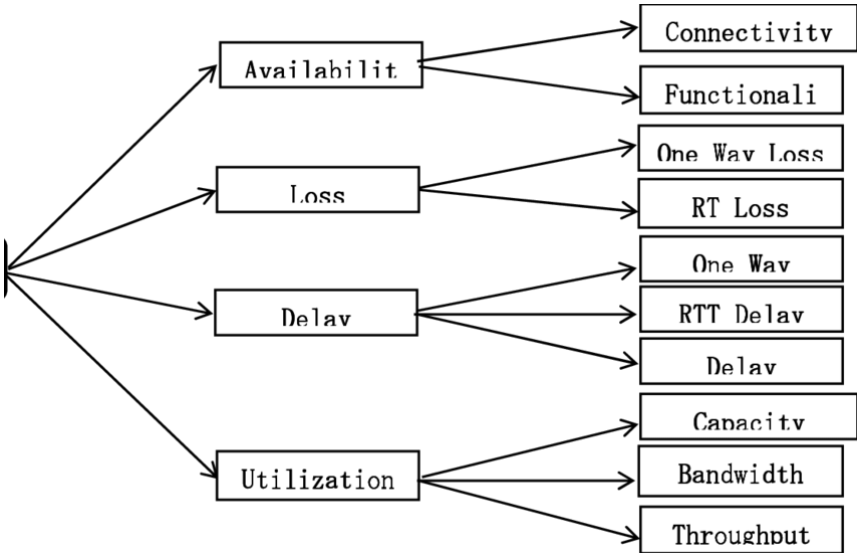
Ο χρόνος διάδοσης από μέσο σε μέσο σστο οποίο μεταδίδεται η πληροορία. Παρακάτω δίνονται κάποιοι ενδεικτικοί χρόνοι διάδοσης:

- Στο κενό: 3*108 m/sec
- Σε χαλκό: 2,3 x 108 m/sec
- Σε οπτική ίνα: 2 x 108 m/sec
- Χρόνος Μετάδοσης: μέγεθος μηνύματος (bit)/bandwidth
- Χρόνος Αναμονής: Υπολογίζεται δύσκολα (Χειλάς, 2007)

- ***Delay Variation ή jittler:*** Είναι η διαφορετική καθυστέρηση μεταφοράς μεταξύ πακέτων που αποστέλλονται στην ίδια ροή, στην ίδια κατεύθυνση και για τον ίδιο κόμβο προορισμού.
- ***Απώλεια Πακέτων ή αλλιώς Packet Loss:*** Τα πακέτα τα οποία χάνονται ή απορρίπτονται μεταξύ δύο άκρων που επικοινωνούν. Οι λόγοι που μπορεί ένα πακέτο είναι πολλοί, μεταξύ των οποίων είναι και:
  - Bit Errors
  - Συμφόρηση

- Επαναδιάταξη
- Αλλαγές στο σταθμό βάσης κατά την επικοινωνία (handsoff)

- ***Λόγος ροής πακέτων ή αλλιώς Per flow sequence preservation:*** Πρόκειται ουσιαστικά για τον λόγο των αναδιατεταγμένων πακέτων που ελήφθησαν από τον κόμβο προορισμός προς το συνολικό πλήθος των πακέτων που ελήφθησαν. (Φουληράς, 2015)
- ***Διαθεσιμότητα του Δικτύου ή αλλιώς Network Avialability***: Πρόκειται για την ποσότητα του χρόνου κατά τον οποίο ένα δίκτυο είναι πλήρως λειτουργικό.
- ***Εμπειρική Ποιότητα (QoE – Quality of Experirence):*** Είναι η απόδοση ενός δίκτυο ή εφαρμογής καθαρά από τη σκοπιά των χρηστών του.
- ***Ποσοστό Χρήσης*** (Utilization): Αυτή η μετρική κατάδειξη μετριέται σε ποσοστό και αναφέρεται στη ποσότητας της κίνησης σε ένα δίκτυο ως προς την ανώτερη ποσότητα που μπορεί να υποστηρίξει ένα δίκτυο



Πίνακας 2-1: Μετρικοί δείκτες απόδοσης δικτύων

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι όσο αφορά τα ασύρματα δίκτυα , χρησιμοποιούνται και επιπλέον μετρικοί δείκτες , επιπρόσθετα με τα παραπάνω. Αυτά είναι τα εξής:

- Κάλυψη (Coverage): Πρόκειται για την έννοια του χώρου που μπορούν να καλύψουν και να εξυπηρετήσουν τα ασύρματα δίκτυα, δηλαδή ο χώρος μέσα στον οποίον εκπέμπονται οι συχνότητες των ασύρματων δικτύων, (Griffin L.)

- Προσβασιμότητα (Accessibility): Πρόκειται για την έννοια ποιος και με ποια δικαιώματα μπορεί να έχει πρόσβαση σε ένα ασύρματο δίκτυο. Αυτό περιλαμβάνει και τους ‘ανεπιθύμητους ‘ που απώτερο σκοπό έχουν την υποκλοπή των δεδομένων που μεταφέρονται στα ασύρματα δίκτυα.

2.2 Συμφόρηση Δικτύων

Τα δίκτυα , από κατασκευής τους, έχουν κάποιους περιορισμούς. Οι περιορισμοί αυτοί αφορούν την αποστολή πακέτων στο μέσο. Για αυτό και δημιουργούνται κάποια προβλήματα , τα οποία συγκαταλέγονται στη συμφόρηση δικτύων.

Συμφόρηση ονομάζεται η κατάσταση ενός δικτύου ή τμήματος δικτύου όταν δεν μπορεί να διαβιβάσει όλη την κίνηση που δέχεται δηλ. η εισερχόμενη σε κάποιο υποτμήμα του δικτύου κίνηση είναι λιγότερη από αυτή που εξέρχεται συν την αύξησης της αποθήκευσης στο τμήμα αυτό σε κάποιο χρονικό διάστημα παρατήρησης. Εσωτερικά σε υποδίκτυο, η συμφόρηση εκδηλώνεται με κάποιες θύρες εξόδου οι οποίες δέχονται περισσότερη κίνηση από όση μπορούν να διαβιβάσουν με αποτέλεσμα να αυξάνει η πληρότητα των ταμιευτηρίων προσωρινής αποθήκευσης που διαθέτουν (buffers). Εάν αυτό γίνει για μικρό χρονικό διάστημα τότε είναι μια φυσιολογική κατάσταση στην μετακίνηση και ανταλλαγή πακέτων. Όταν, όμως , φτάσουμε στην υπερχείλιση τότε έχουμε εκδήλωση συμφόρησης. (Αγγελόπουλος Γ.,2013)

Πιο αναλυτικά, Η συμφόρηση των δικτύων , ιδίως στο Διαδίκτυο είναι ένα μείζον θέμα. Και αυτό γιατί υπάρχουν πολλοί κόμβοι που λειτουργούν με διαφορετικές παραμέτρους. Συγκεκριμένα, όταν δύο ή περισσότεροι υπολογιστές προσπαθούν να επικοινωνήσουν στο Διαδίκτυο, είναι συνήθως διαφορετικών επεξεργαστικών δυνατοτήτων καθώς επίσης βρίσκονται σε δίκτυα με διαφορετική ταχύτητα. Ο κάθε κόμβος έχει έναν συγκεκριμένο αριθμό πακέτων που μπορεί να λάβει μέχρις ότου να κάνει την επεξεργασία των υπολοίπων που έχουν ήδη καταφθάσει. Τα πακέτα αυτά μπαίνουν σε κατάσταση αναμονή και αποθηκεύονται στους ταμιευτήρες ή αλλιώς buffers. Το πρόβλημα , προκύπτει όταν ο αποστολέας στέλνει πακέτα με μεγαλύτερη ταχύτητα από ότι μπορεί ο παραλήπτης να επεξεργαστεί. Τότε , δυστυχώς, υπάρχει η λεγόμενη υπερχείλιση, όπως αναφέρεται και στον παραπάνω ορισμό. Σε αυτήν την περίπτωση, επειδή ο καταχωρητής (buffer) του παραλήπτη δεν είναι σε θέση να λάβει άλλα πακέτα αυτά απορρίπτονται. Για να

αποφευχθεί κάτι τέτοιο, και της για να μην χαθούν για αυτό το λόγο τα πακέτα, έχουν διατυπωθεί διάφοροι τρόποι αντιμετώπισης της εν λόγω συμφόρησης.

2.3 Τρόποι Αντιμετώπισης Συμφόρησης Δικτύων

Όπως προαναφέρθηκε, η συμφόρηση των δικτύων επηρεάζει αρκετά και την απόδοση του εκάστοτε δικτύου. Για αυτό , έπρεπε να βρεθούν τρόποι αντιμετώπισης. Οι τρόποι αντιμετώπισης ονομάζονται μηχανισμοί ελέγχου συμφόρησης (congestion control).

Τους μηχανισμούς ελέγχου συμφόρησης αναλαμβάνει κατά κύριο λόγο το TCP. Είναι γνωστό, ότι τα δίκτυα είτε LAN, είτε WAN, είναι βασισμένα στον αρχιτεκτονικό μοντέλο TCP/IP. Το πρωτόκολλο TCP εφαρμόζεται στο επίπεδο μεταφοράς και έχει αναλάβει αρκετές λειτουργίες του:

- Τεμαχισμός πακέτων όπου απαιτείται
- Επαναποστολή πακέτων σε περίπτωση απώλειας ή καθυστέρησης
- Καθώς και ο έλεγχος ροής
- Έλεγχος συμφόρησης.

Ο έλεγχος ροής που αναλαμβάνει να διεκπεραιώσει το TCP βασίζεται σε ένα πεδίο της επικεφαλίδας του TCP, που έχει ενθυλακωθεί σε κάθε πακέτο. Το πεδίο αυτό ονομάζεται «μέγεθος παραθύρου» . Πρόκειται για έναν αριθμό , που ενημερώνει τον αποστολέα ότι ο παραλήπτης δέχεται συγκεκριμένο αριθμό πακέτων τα οποία τα θέτει σε αναμονή για αναγνώριση και επεξεργασία.

Τέλος, ο έλεγχος συμφόρησης εφαρμόζεται με την βοήθεια διάφορων αλγορίθμων. Κατά καιρούς έχουν προταθεί και χρησιμοποιηθεί αρκετοί αλγόριθμοι , αλλά οι βασικότεροι που καλούνται και ως standard αλγόριθμοι είναι οι εξής:

- Αλγόριθμος ‘αργής εκκίνησης’ (slow start)
- Αλγόριθμος ‘ απόφυγής συμφόρησης’ (Congestion avoidance)
- Αλγόριθμος ‘ταχείας επανεκπομπής’ (Fast transmit)
- Αλγόριθμος ‘ταχείας εκκίνησης’ (Fast recovery) (Στεργίου, «Έλεγχος Συμφόρησης TCP»)

Αυτοί οι αλγόριθμοι μαζί με της αντίστοιχους μηχανισμούς, προσδίδουν στο TCP το χαρακτηριστικό της αξιοπιστίας αφού αναλαμβάνουν την ομαλή επικοινωνία δύο άκρων. Αναλυτικά , οι μηχανισμοί και οι αλγόριθμοι αυτοί θα αναφερθούν στο επόμενο κεφάλαιο.

Κεφάλαιο 3 : Μηχανισμοί Αντιμετώπισης Συμφόρησης

Στις προηγούμενες σελίδες έγινε μια αναφορά για το πώς το TCP αντιμετωπίζει τη συμφόρηση σε ένα δίκτυο. Στις παρακάτω γραμμές θα γίνει ανάλυση αυτών των αλγορίθμων και των μηχανισμών.

Καταρχάς, θα πρέπει να αναφερθούν κάποιοι ορισμοί έτσι ώστε να γίνουν κατανοητά τα όσα θα αναφερθούν παρακάτω.

Επειδή , επί το πλείστον χρησιμοποιείται το TCP/IP ως μοντέλο για τα δίκτυα, για αυτό και θα γίνει ανάλυση των μηχανισμών που ακολουθεί το TCP.

Καταρχάς, για να γίνει επικοινωνήσουν δύο άκρα θα πρέπει να έρθουν σε επικοινωνία και να ανταλλάξουν κάποια στοιχεία/δεδομένα όσο αφορά την απόδοση τους. Ένα από αυτά τα στοιχεία είναι γνωστή ως MSS – Maximum Segment Size. Αναφέρεται στο μέγιστο μέγεθος τμήματος που μπορεί να υποστηρίξει κάθε άκρο επικοινωνίας. Το Segment είναι το τμήμα , το πακέτο από Bytes που έχει τεμαχιστεί από το TCP για να μπορέσει να εισέλθει στο δίκτυο.

Επίσης, υπάρχουν και οι σημαίες. Πρόκειται για πεδία στην επικεφαλίδα του κάθε segment που ενθυλακώνεται. Οι σημαίες αυτές είναι εννέα σε αριθμό και μέγεθος ενός bit και αντιπροσωπεύουν διάφορες καταστάσεις που αφορούν τον χειρισμό των συνδέσεων. Μια εκ των οποίων είναι και το ACK. ΤΟ ACK προέρχεται από την αγγλική λέξη Acknowledgment και η λειτουργία του επικεντρώνεται , σε συνδυασμό με το πεδίο ‘Αριθμός Επιβεβαίωσης» στον καθορισμό συγκεκριμένου πακέτου που ελήφθη από τον δέκτη. (Κιαγιάς Μ., 2017)

Τέλος, το TCP λαμβάνει υπόψη και την Διαμετακομιστική Ικανότητα ή αλλιώς throughput.Ο ρυθμός μετάδοσης της σύνδεσης , για ένα δοσμένο αριθμό segment w μεγέθους MSS σε κάθε RTT δίνεται από τον τύπο:

(w*MSS)/RTT (bytes/sec).

Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω μετρικές και πεδία, θα γίνει προσπάθεια καταγραφής του ελέγχου συμφόρησης του TCP.

3.1 TCP – έλεγχος Συμφόρησης και αλγόριθμος AIMD

Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος περιέχει 3 φάσεις, στις οποίες ουσιαστικά περιλαμβάνονται οι βασικοί (standard) αλγόριθμοι για τον έλεγχο συμφόρησης του TCP που είναι οι:

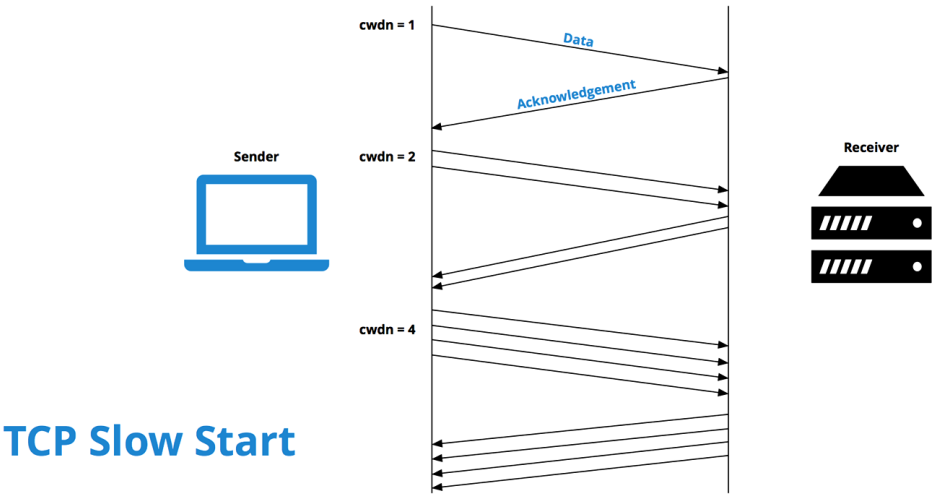
- Αλγόριθμος ‘αργής εκκίνησης’ (slow start)
- Αλγόριθμος ‘ απόφυγής συμφόρησης’ (Congestion avoidance)
- Αλγόριθμος ‘ταχείας επανεκπομπής’ (Fast retransmit),
- Αλγόριθμος ‘ταχείας εκκίνησης’ (Fast recovery)

Για την επεξήγηση της λειτουργίας, θέτονται κάποιες μεταβλητές. Συγκεκριμένα:

- Το κάθε άκρο που συμμετέχει στην επικοινωνία αποτελείται και από τις μεταβλητές – πέραν κάποιων άλλων – Cong Window και threshold. Το CongWindow είναι το «παράθυρο συμφόρησης» και threshold.
- RcvWin – το μέγεθος του παραθύρου που χρησιμοποιεί ο δέκτης.

Θα πρέπει LastByteSent - LastByteAcked <= min{CongWin, RcvWin}. (Στεργίου Ε., 2016

Στην επόμενη φάση, λαμβάνει χώρα ο αλγόριθμος ‘αργής εκκίνησης’. Σύμφωνα, με τον αλγόριθμο αυτόν, τα ο μέγεθος το παραθύρου συμφόρησης – CongWInd ξεκινάει με έναν πολύ μικρό αριθμό, συγκεκριμένα, το 1 και στη συνέχεια επιταχύνει και αυξάνει το μέγεθος εκθετικά. Δηλαδή, στο επόμενο RTT το μέγεθος θα είναι 2, στο επόμενο θα είναι 8 κοκ

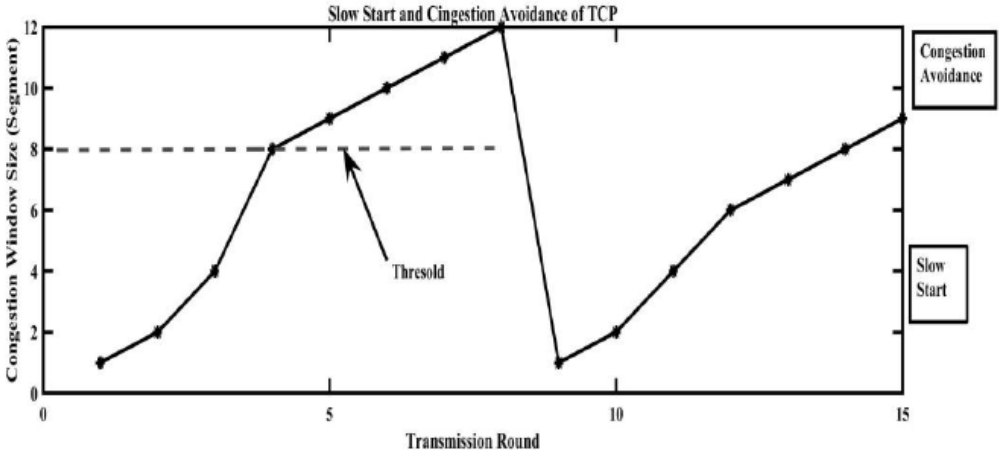


Πίνακας 3-1: Αλγόριθμος "Αργής Εκκίνησης TCP"

Μόλις, το παράθυρο συμφόρησης ξεπεράσει το κατώφλι που ονομάζεται threshold, τότε αναλαμβάνει ο αλγόριθμος ‘αποφυγής συμφόρησης’. Στον συγκεκριμένο αλγόριθμο, το μέγεθος του παραθύρου συμφόρησης – CongWin – αυξάνεται κατά 1 όταν όλα τα πακέτα ACK έχουν ληφθεί.

Αυτή η αύξηση , όμως δεν μπορεί να συμβαίνει για άπειρο χρόνο. Έτσι, το κατώφλι (threshold) ορίζεται αυτόματα στο μισό του μεγέθους του CongWin (threshold = CongWin/2) ενώ το ίδιο το μέγεθος παραθύρου ορίζεται πάλι σε 1 MSS (Maximum Segment Size) .

Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται από την αρχή, όσο ο αποστολέας συνεχίζει να στέλνει segments. Και ονομάζεται adittitive – increase , multiplicative – decrease λόγω της σταδιακής αύξησης και της επερχόμενης μείωσης.



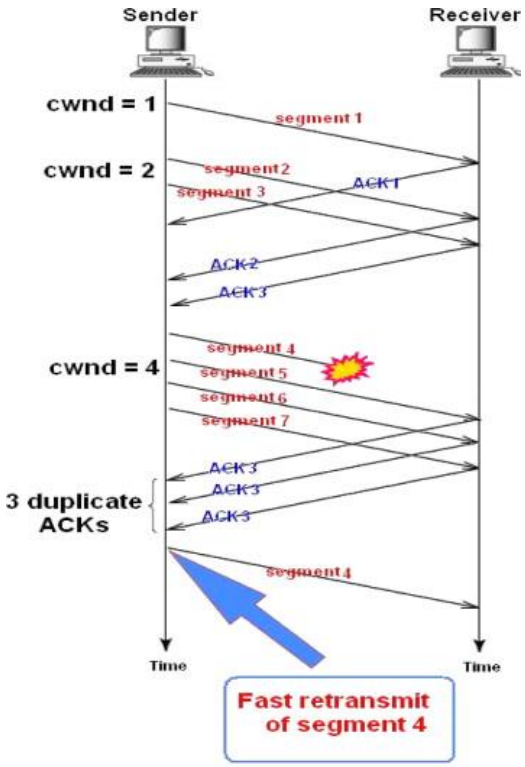
Εικόνα 3.1: Διαγραμματική απεικόνιση της αλλαγής του Congestion Window - Slow Start Algorithm:

3.2 Μηχανισμός Tahoe

Στις παραπάνω γραμμές, περιγράφηκε η διαδικασία που ο αλγόριθμος αργής εκκίνησης δίνει την σκυτάλη στον αλγόριθμο αποφυγής συμφόρησης. Ο μηχανισμός αυτός ελέγχου συμφόρησης, που χρησιμοποιεί του προαναφερθέντες αλγορίθμους ονομάζεται Μηχανισμός Tahoe.

Βέβαια, ο μηχανισμός αυτός έλαβε κάποιες αναβαθμίσεις. Συγκεκριμένα, ο αλγόριθμος ταχείας επανεκπομπής προστέθηκε στους ήδη υπάρχοντες.

Η προσθήκη έγινε διότι, ένα από τα βασικά μειονεκτήματα του Tahoe , είναι ότι έπρεπε να περιμένει ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα για την επαναποστολή segments. Ο αλγόριθμος «ταχείας επανεκπομπης» (Fast Retransmit) , βασίζεται στην εξής λογική: Εάν το TCP, δεχτεί δύο ίδια ACK τότε λογικά υπάρχει μεγάλη πιθανότητα το πακέτο να χάθηκε. Έτσι, λοιπόν, όταν υπάρξουν 3 ίδια ACK, τότε το πακέτο στέλνεται ξανά χωρίς να λαμβάνει υπόψη το χρόνο αναμονής.



Εικόνα 3.2: Μηχανισμός Tahoe

3.3 Μηχανισμός Reno

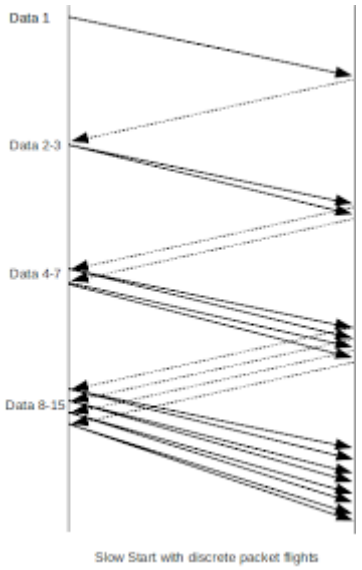
Ο μηχανισμός Reno αποτελεί μετεξέλιξη, και αυτός του Tahoe. Αυτό σημαίνει ότι περιλαμβάνει και τους τρεις αλγορίθμους δηλαδή, αργής εκκίνησης, Αποφυγής Συμφόρησης καθώς και της νέας προσθήκης «Ταχείας Επανεκπομπής». Η διαφορά είναι ό,τι περιέχει τον τέταρτο αλγόριθμο , που είχε προαναφερθεί σε προηγούμενο εδάφιο, και είναι ο αλγόριθμος «Ταχείας Εκκίνησης».

Η ανάγκη ύπαρξης του συγκεκριμένου αλγορίθμου και αντίστοιχα του μηχανισμού αυτού, έγκειται στο γεγονός ότι ο προκάτοχος του , δηλαδή ο Tahoe, εμφάνιζε μεγάλα χρονικά διαστήματα αδράνειας του αποστολέα ενώ περίμενε να εκπνεύσει το timeout. (Αγγελόπουλος, «Διαδικτυακά Πρωτόκολλα»)

Ο αλγόριθμος αυτός, προσαρμόζει ουσιαστικά το μέγεθος του παραθύρου. Αντί δηλαδή να ξαναρχίσει το CongWind από το 1 MSS, όταν ληφθούν 3 αντίτυπα του ίδου ACK, ο αλγόριθμος κάνει το εξής:

- Το κατώφλι threshold παίρνει την τιμή ίση με CongWin/2
- Το μέγεθος παραθύρου συμφόρησης , το CongWin , ισούται με το threshold+3*MSS
- Τέλος, σε κάθε νέα λήψη αντίτυπου ACK, αυξάνει το CongWin κατά 1MSS (Tetcos,2017)

Επομένως, ο αλγόριθμος ταχείας επανεκπομπής, αντιλαμβάνεται ότι η ύπαρξη 3 ίδιων ACK, σημαίνει ότι το πακέτο με το εν λόγω αριθμό έχει χαθεί και έτσι στέλνει το τμήμα με τον αντίστοιχο αριθμό ξανά χωρίς να περιμένει το τέλος του timeout. Μόλις γίνει αυτή η διαδικασία και αλλάξουν οι αριθμοί στις μεταβλητές CongWin με τους παραπάνω τρόπους, τότε το TCP του αποστολέα μπαίνει σε λειτουργία αποφυγή συμφόρησης.



Εικόνα 3.3: Μηχανισμός Reno

Εδώ, να τονιστεί ό,τι όταν για το ίδιο παράθυρο έχουμε πολλαπλές απώλειες πακέτων τοτε ακόμα και ο RENO δεν αποδίδει τα μέγιστα σε σύγκριση με τον προκάτοχο του. Για να παρέχει τη βέλτιστη λύση , ο αλγόριθμος «Ταχείας Εκκίνησης» αναβαθμίστηκε και έτσι , επιτυγχάνεται ο σκοπός.

3.4 Μηχανισμός Vegas

Ο μηχανισμός αυτός δεν βασίζεται στον έλεγχο της συμφόρησης αλλά ουσιαστικά προσπαθεί να προλαμβάνει την συμφόρηση. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μείωση του ρυθμού εκπομπής πακέτων μόλις ανιχνευτεί συμφόρηση. Η συμφόρηση ανιχνεύεται με την απώλεια πακέτων.

Ο Vegas ήταν ο πρώτος μηχανισμός που προτάθηκε για τον έλεγχο συμφόρησης. Βασίζεται στην εκτίμηση καθυστέρησης του RTT (Round Trip Time). Με αυτόν τον τρόπο, ο αποστολέας ‘πιθανολογεί’ ότι ο καταχωρητής της πηγής είναι στα όρια υπερχείλισης και έτσι χαμηλώνει τον ρυθμό αποστολής των πακέτων.

Συγκεκριμένα, όταν παρατηρεί ότι ο αριθμός των πακέτων που βρίσκονται σε αναμονή στον καταχωρητής (buffer) του δέκτη είναι ίσος με το διπλάσιο του ρυθμού μετάδοσης. Σε αυτήν την περίπτωση, ισχύουν οι παρακάτω συνθήκες:

Αυξάνει το Wk+1εάν Wk-RkD<=1 ενώ το μειώνει εάν Wk-RkD>=3

όπου D το RTT όταν οι καταχωρητές είναι άδειοι και R ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων ενώ W το μέγεθος του παραθύρου. (Αγγελόπουλος Γ., 2013)

Ο Vegas, πια , έχει αντικατασταθεί με τους προαναφερόμενους μηχανισμούς (Tahoe, Reno κοκ.)

3.5 Μηχανισμός TCP CUBIC

Οι προηγούμενοι μηχανισμοί, δούλευαν και απέδιδαν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Όμως, η επιταχυνόμενη ανάπτυξη του διαδικτύου και των τεχνολογιών που το συνοδεύουν οδήγησαν σε απαιτήσεις που οι προγενέστεροι μηχανισμοί δεν ήταν σε θέση να αντεπεξέλθουν. Μετεξέλιξη τους είναι και το TCP CUBIC. Ο συγκεκριμένος μηχανισμός συμπεριλαμβανομένου και του TCP Compound, που θα αναλυθεί παρακάτω, αποτελούν προεπιλεγμένους μηχανισμούς ελέγχου συμφόρησης σε λειτουργικά όπως Microsoft Windows, Linux αλλά και Sun Solaris. (Mudassar A., 2018)

Ο συγκεκριμένος μηχανισμός, ουσιαστικά, επιλύει το πρόβλημα της χαμηλής απόδοσης και της καθυστέρησης του bandwidth που παρουσιάζει το TCP. Ο τρόπος που επιλύει τη δυσχέρεια αυτή, έγκειται στο γεγονός ότι χρησιμοποιεί μια κυβική συνάρτηση αντί για γραμμική συνάρτηση που καθορίζει το μέγεθος του παράθυρο (Window Size). Σκοπός του συγκεκριμένου μηχανισμού είναι να προσφέρει σταθερότητα σε δίκτυα με γρήγορη μεταφορά δεδομένων και απομακρυσμένα αρκετά μεταξύ τους. (Shiv Shakti, 2014)

Όπως προαναφέρθηκε, ο τρόπος λειτουργίας του TCP CUBIC βασίζεται κυρίως σε κυβική συνάρτηση καθορισμού του μεγέθους παραθύρου. Παρακάτω , παρουσιάζεται με βήματα, η λειτουργία του αλγορίθμου:

1^{ο}) Μόλις ανιχνευθεί συμφόρηση, τότε το τρέχον μέγεθος παραθύρου αποθηκεύεται σε μια μεταβλητή Wmax

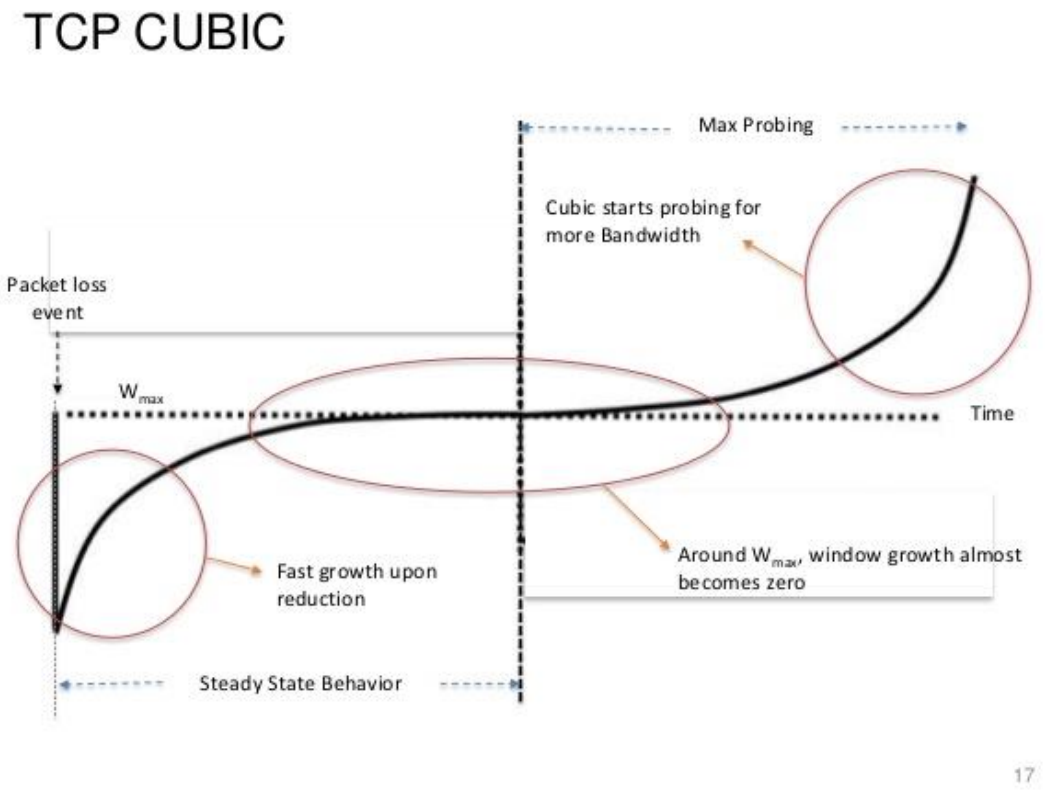
2^{ον}) Η μεταβλητή αυτή (Wmax) , αποτελεί είσοδος στην κυβική συνάρτηση (cubic function) , η οποία αποφασίζει το μέγεθος του παραθύρου

3^{ον}) Στη συνέχεια, η μετάδοση επανεκκινείται με μικρότερο μέγεθος παραθύρου και όσο δεν συναντάται συμφόρηση, το μέγεθος αλλάζει σύμφωνα με το αποτέλεσμα της συνάρτησης

4^{ον}) όμως, όταν το μέγεθος πλησιάζει το Wmax , τότε επιβραδύνεται η αύξηση

5ον) όταν φτάσει στο μέγιστο σημείο, δηλαδή το Wmax, το μέγεθος του παραθύρου συνεχίζει να αυξάνεται σύμφωνα πάντα με τη συνάρτηση του CUBIC.

(Dominquez A.,2019)



3.4: TCP CUBIC - Window Size Alteration

3.6 Μηχανισμός Compound TCP (CTCP)

Ο μηχανισμός αυτός προτάθηκε από την Microsoft και παρουσιάστηκε ως μέρος του λογισμικού των Windows , Windows Vista καθώς και Windows Server 2008 TCP stack. Προτάθηκε για την αντιμετώπιση των καθυστερήσεων σε μακρινές συνδέσεις που χρησιμοποιούν πολύ υψηλό εύρος συχνοτήτων (large bandwidth).

Η βασική ιδέα που βρίσκεται πίσω από αυτόν τον μηχανισμό είναι ό εξής:

Όταν το εύρος της σύνδεσης δεν χρησιμοποιείται πλήρως, τότε το πρωτόκολλο θα πρέπει να αυξάνει το ρυθμό αποστολής αρκετά γρήγορα. Μόλις, όμως, το εύρος έχει σχεδόν πλήρως χρησιμοποιηθεί, τότε θα πρέπει να σταματήσει αυτός ο βίαιος καταιγισμός από πακέτα διότι θα προκαλέσει ανεπιθύμητες παρενέργειες στη λειτουργία του TCP. Ενώ, ως ιδέα, η παραπάνω πρόταση προϋπάρχει, αυτό που έρχεται να λύσει το CTCP, είναι το κλιμακούμενο μέγεθος παραθύρου με βάση την καθυστέρηση.

Ο τρόπος λειτουργίας του CTCP , επεξηγείται επιγραμματικά (Tan K., 2006)

- Υπάρχουν δύο μεταβλητές. Η cwnd, που είναι η μεταβλητή που περιέχει το μέγεθος του παραθύρου συμφόρησης (congestion window) και εισάγεται και η μεταβλητή dwnd – Delay Window.
- Το μέγεθος του παραθύρου του αποστολέα προκύπτει από την σχέση: win=min(cwnd+dwnd,awnd)
- Ενώ το μέγεθος του cwnd αυξάνεται ως εξής: cwnd = cwnd + 1/win

3.7 Έλεγχος Συμφόρησης σε Ασύρματα Δίκτυα

Ενώ σε ενσύρματα δίκτυα, οι παραπάνω τακτικές αποφέρουν τα επιθυμητά αποτελέσματα, παρόλα αυτά η εφαρμογή τους σε ασύρματα δίκτυα , αντιμετωπίζουν κάποιες δυσκολίες. Η βασικότερη είναι ότι όταν υπάρχει το TCP , υπάρχει η έννοια της από άκρο σε άκρο επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων. Αυτό σημαίνει ότι δημιουργείται μια νοητή σύνδεση μεταξύ των κόμβων που επικοινωνούν και έτσι τα πακέτα μπορούν να ακολουθήσουν την διαδρομή αυτή για να επιτευχθεί η επικοινωνία ,αμφότερα.

Αυτή η νοητή σύνδεση ,όμως, δεν ισχύει για τα ασύρματα δίκτυα αφού τα ασύρματα δίκτυα χρησιμοποιούν συχνότητες που αρκετές φορές επικαλύπτονται. Επίσης, στα ασύρματα δίκτυα συναντώνται μεγάλοι καταιγισμοί από λάθη (error busters) που, συνήθως, οφείλονται σε χαμηλή ισχύ του σήματος ή σε θόρυβο. Για αυτό το λόγο, έπρεπε να βρεθούν άλλες λύσεις διατηρώντας όμως τις αρχές του TCP/IP, μιας και η εξ ολοκλήρου δημιουργία ενός νέου πρωτοκόλλου μεταφοράς είναι δύσκολο και χρονοβόρο αλλά και κοστίζει αρκετά για την αναβάθμιση όλων των δικτύων σε αυτό. Προτάθηκε , λοιπόν, ως τρόπος αντιμετώπισης του εν λόγω προβλήματος το SPLIT Connection TCP , η αλλιώς TCP Διαχωριζόμενης Σύνδεσης,

Συνεπώς για να αντιμετωπιστεί αποδοτικά η συμφόρηση του TCP στα ασύρματα δίκτυα πρέπει να :

- ασφαλιστεί ο αποστολέας από την ασύρματη φύση του συνδέσμου, έτσι ώστε να μην αντιδράσει αναποτελεσματικά
- είναι ενήμερος ο αποστολέας για τα προβλήματα της ασύρματης επικοινωνίας, έτσι ώστε να μπορεί να αντιδράσει σωστά
- μην επιτραπεί η συρρίκνωση του παραθύρου συμφόρησης, για να αποφεύγονται οι αχρείαστες επαναμεταδόσεις.

Επίσης στο σταθμό βάσης :

- Προσωρινή αποθήκευση (caching) πακέτων
- Ανίχνευση και παρακράτηση όμοιων ack
- Επαναμετάδοση χαμένων πακέτων τοπικά (Ψηλομανουσάκης Π., 2017)

Διαπιστώνεται, λοιπόν, ότι οι μεταφορά των δεδομένων δεν είναι τόσο εύκολη όσο φαντάζει στον εκάστοτε χρήστη. Οι ταχύτητες που επιτυγχάνονται σήμερα, είναι αποτέλεσμα συχνών αναβαθμίσεων των τρόπων αντιμετώπισης της συμφόρησης και κατά συνέπεια των απωλειών πακέτων. Όσο οι απαιτήσεις για ταχύτερη και αποτελεσματικότερη επικοινωνία , τόσες περισσότερες προκλήσεις καλούνται να αντιμετωπιστούν

Κεφάλαιο 4 : Μέτρηση Απόδοσης Ασύρματου Δικτύου Στο πανεπιστημιακό χώρο της Άρτας και παρουσίαση αποτελεσμάτων

Στην παρούσα εργασία, θα παρουσιαστούν οι μετρήσεις ασύρματου δικτύου καθώς επίσης θα συζητηθούν τα αποτελέσματα αυτών των μετρήσεων.

Οι μετρήσεις έλαβαν χώρα σε οικιακό χώρο. Επίσης, οι μετρήσεις έγιναν με το λογισμικό Wireshark, το οποίο θα περιγραφεί παρακάτω.

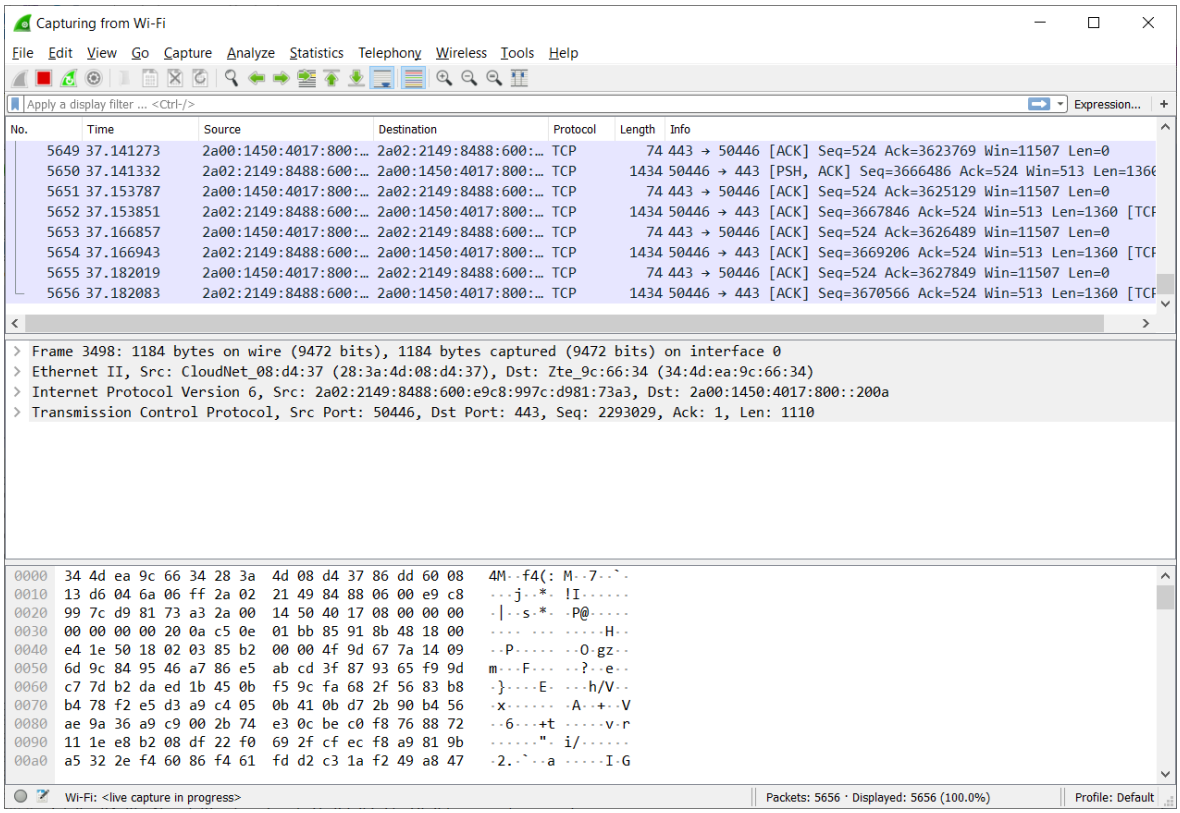
4.1 WireShark

Το WireShark πρόκειται για ένα πρόγραμμα ανάλυσης πρωτοκόλλων δικτύου. Είναι πρόγραμμα ανοικτού κώδικα και υποστηρίζεται σχεδόν από όλα τα λειτουργικά συστήματα. Η λειτουργία του WireShark είναι διττή:

1) Καταγραφή και σύλληψη καθώς και
2) Ανάλυσης της δικτυακής κίνησης του δικτύου.

Το κατέβασμα και η εγκατάσταση τυ προγράμματος αυτού μπορεί να γίνει από την ιστοσελίδα: https://www.wireshark.org/

Μετά την εγκατάσταση του προγράμματος, το κεντρικό παράθυρο είναι το ακόλουθο:



Εικόνα 4.1: Κεντρικό ΠΑράθυρο WireShark

Το παράθυρο αυτό χωρίζεται σε τρεις ενότητες:

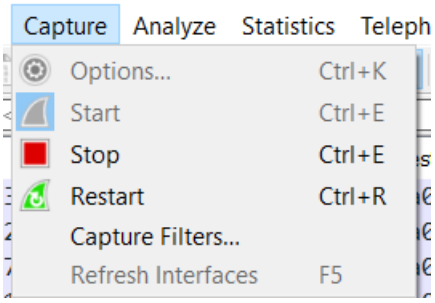
Summary: Σε αυτό το μέρος του παραθύρου, παρουσιάζονται όλες οι λεπτομέρειες για τα καταγεγραμμένα πακέτα του δικτύου. Οι λεπτομέρειες αυτές αφορούν τον αύξοντα αριθμό, την ημέρα, την ώρα αποστολής του, τη διεύθυνση προορισμού και προέλευσης καθώς επίσης και το όνομα του πρωτοκόλλου ανώτερου στρώματος από το οποίο προήλθαν και έχουν σκοπό να φτάσουν.

Detail: Ακριβώς κάτω από τη λίστα με τα πακέτα, υπάρχει για κάθε πακέτο οι λεπτομέρειες του.

Data: Τέλος, παρουσιάζονται για κάθε πακέτο τα ‘καθαρά’ δεδομένα, δηλαδή οι πληροφορίες που δημιουργήθηκαν από το εκάστοτε πρωτόκολλο και όχι οι πληροφορίες επικεφαλίδας, που περιέχει σε 16- μορφή αλλά και ως κείμενο ASCII.

Για την καταγραφή της κίνησης για μια συγκεκριμένη σελίδα πχ, η διαδικασία καταγραφής γίνεται ως εξής:

Από το μενού του κεντρικού παραθύρου , και την επιλογή Capture υπάρχουν τα εξής:



Εικόνα 4.2:Capture WireShark

Από το Options επιλέγεται η ενσύρματη παρακολούθηση των πακέτων για μια συγκεκριμένη ιστοσελίδα πχ, ενώ για ασύρματη παρέχεται κατευθείαν η επιλογή Start και Stop που ουσιαστικά αρχίζει και σταματάει την καταγραφή των πακέτων.
(Πουλίζος Μ., 2015)

Στο παρακάτω εδάφιο, θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα που καταγράφθηκαν στην καταγραφή ενός ασύρματου δικτύου σε πραγματικό χρόνο και πραγματική ‘κίνηση.

4.2 Μετρήσεις και Αποτελέσματα Wireshark

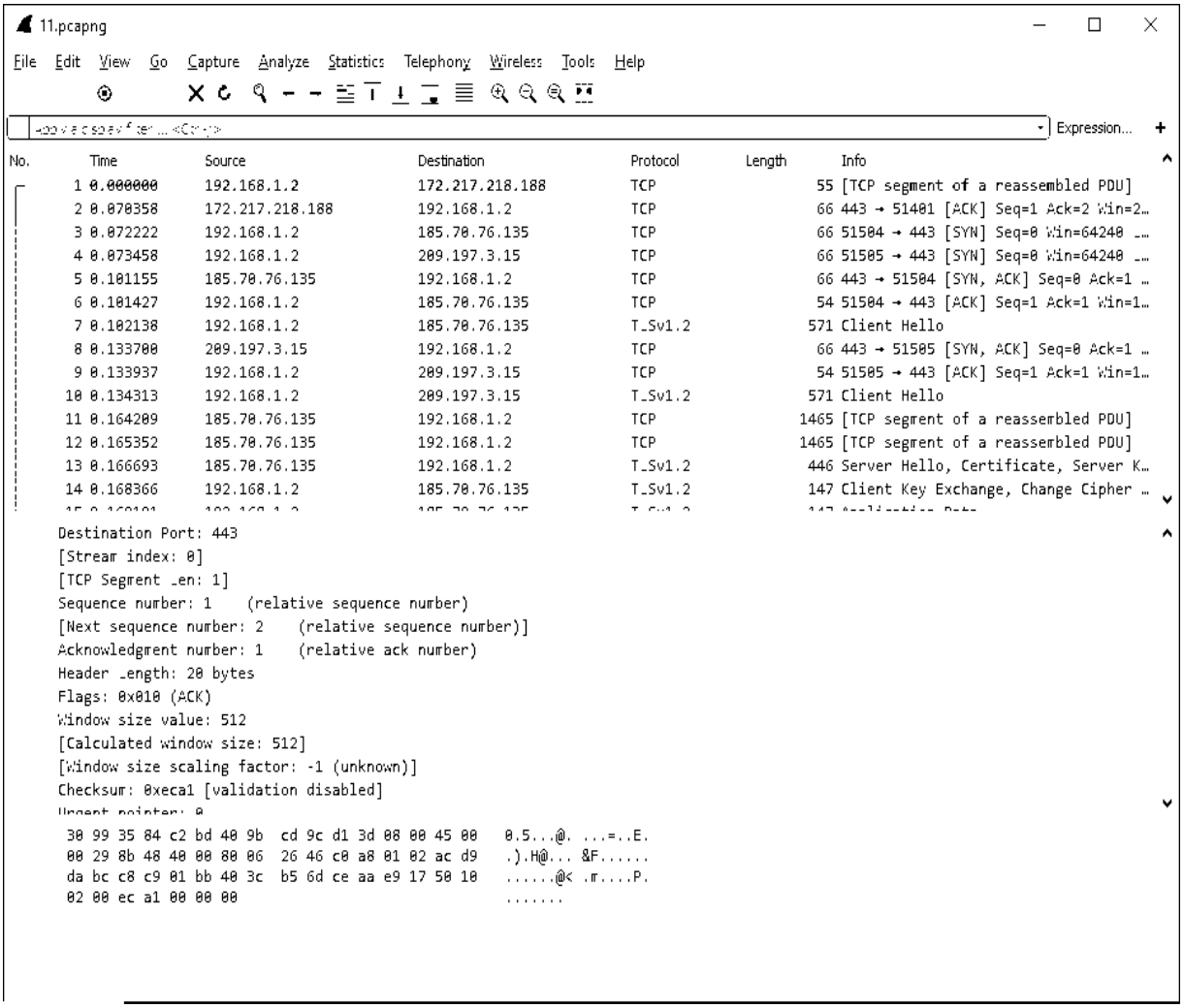
Στη συνέχεια, θα παρουσιαστούν οι μετρήσεις που έγιναν σε δίκτυο στο Τμήμα Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών στην πόλη της Άρτας.

Το πρόγραμμα , δηλαδή το Wireshark, και τα αποτελέσματα καταγράφηκαν σε λειτουργικό Windows 10.

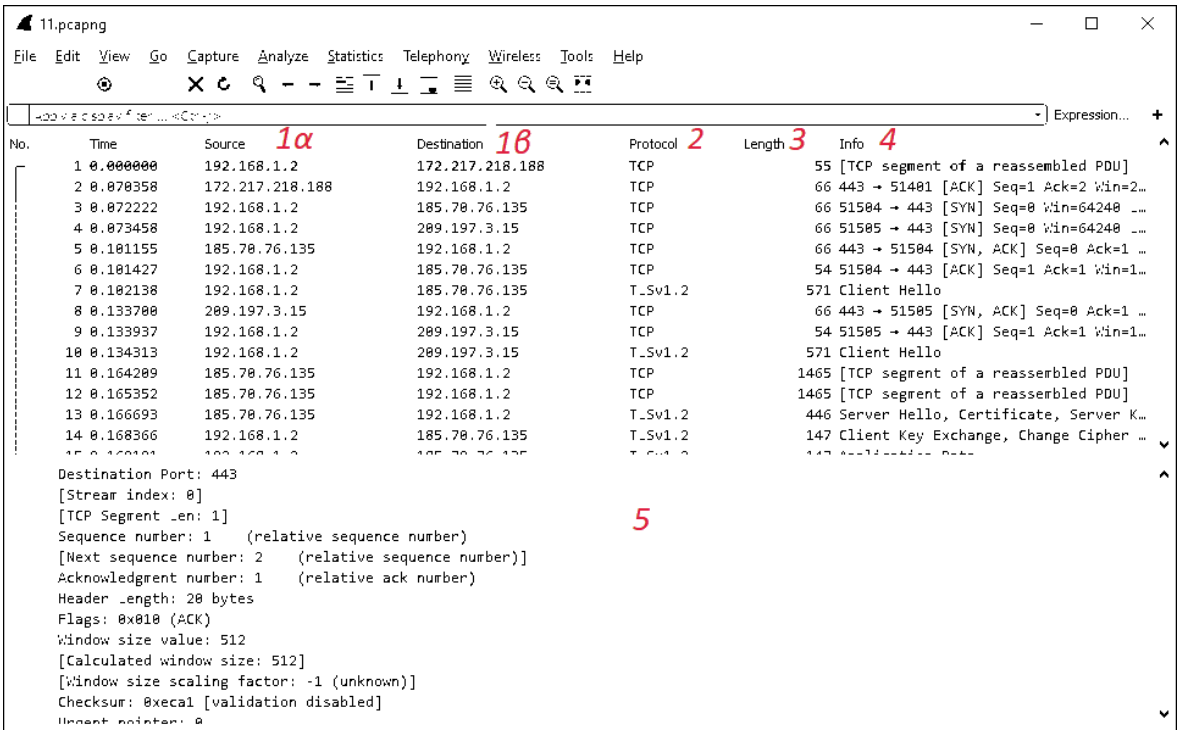
Η Microsoft στα Windows 10 και στο Windows Server 2019, εφαρμόζει το TCP CUBIC. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει άλλο μηχανισμό αποφυγής συμφόρησης. Στη συνέχεια, αναφέρεται αναλυτικά την διαδικασία αυτή καθώς θα την εφαρμόσουμε για την λήψη μετρήσεων με διαφορετικούς μηχανισμούς.

```
netsh int tcp show global
netsh int tcp set global chimney=enabled
netsh int tcp set heuristics disabled
netsh int tcp set global autotuninglevel=normal
netsh int tcp set global congestionprovider=ctcp
```

Μετά τον καθορισμό του μηχανισμού ελέγχου συμφόρησης , εκτελείται το Wireshark, ενώ χρησιμοποιούμε τον φυλλομετρητή Google Chrome και την αίτηση τριών ιστοσελίδων. Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω:



Εικόνα 4.3: Wireshark Μετρήσεις



Εικόνα 4.4:Τμήματα του Wireshark και Στήλες

Στην Εικόνα 4.4 , υπάρχουν αριθμημένες οι στήλες στο πρώτο τμήμα των ενδείξεων του Wireshark.

1α και 1β) Οι στήλες αυτές παρουσιάζουν τις IP διευθύνσεις των κόμβων που συμμετέχουν στην επικοινωνία

2)Εμφανίζεται η χρήση του εκάστοτε πρωτοκόλλου σε κάθε σύνδεση , στη δική μας περίπτωση εμφανίζεται το TCP και το T.Sv1.2

3) Μεταξύ των δύο άκρων σε εκάστοτε επικοινωνία, στέλνονται πακέτα τα οποία όπως φαίνεται στην στήλη 3, έχουν διαφοροποιημένο μέγεθος

4) Τέλος, στην τέταρτη στήλη, παρουσιάζονται περισσότερες πληροφορίες όσο αφορά τα πακέτα (segments) που στέλνονται μεταξύ των δύο κόμβων επικοινωνίας.

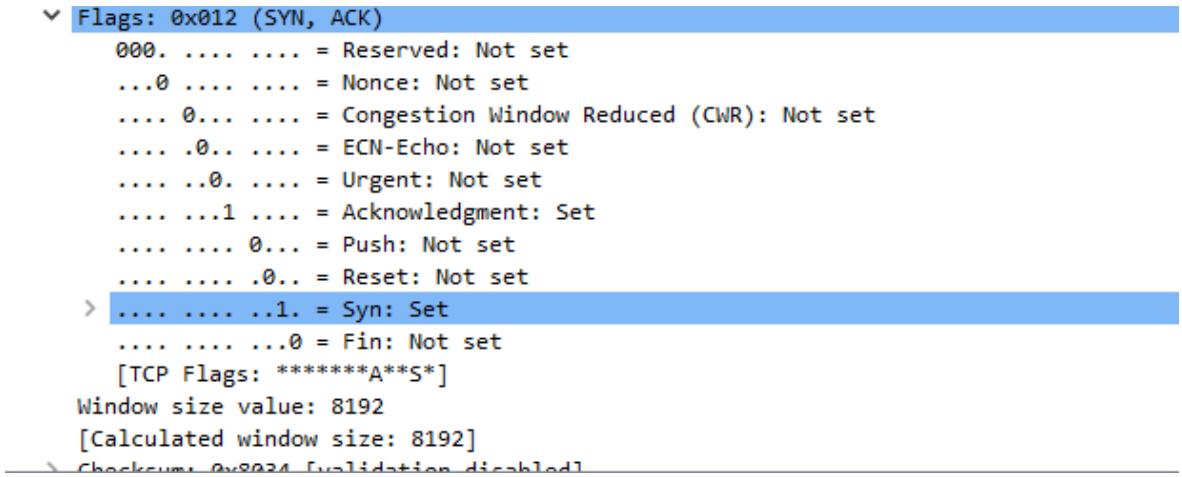
Βέβαια, στο τμήμα 5) παρουσιάζονται για κάθε πακέτο της εκάστοτε σύνδεσης λεπτομέρειες όπως:

- Destination port
- Header length
- Windows size value: Αυτή η ένδειξη είναι αρκετά σημαντική, αφού λόγω αυτής της πληροφορίας , γίνεται λόγος για τους μηχανισμούς ελέγχου συμφόρησης. Το windows

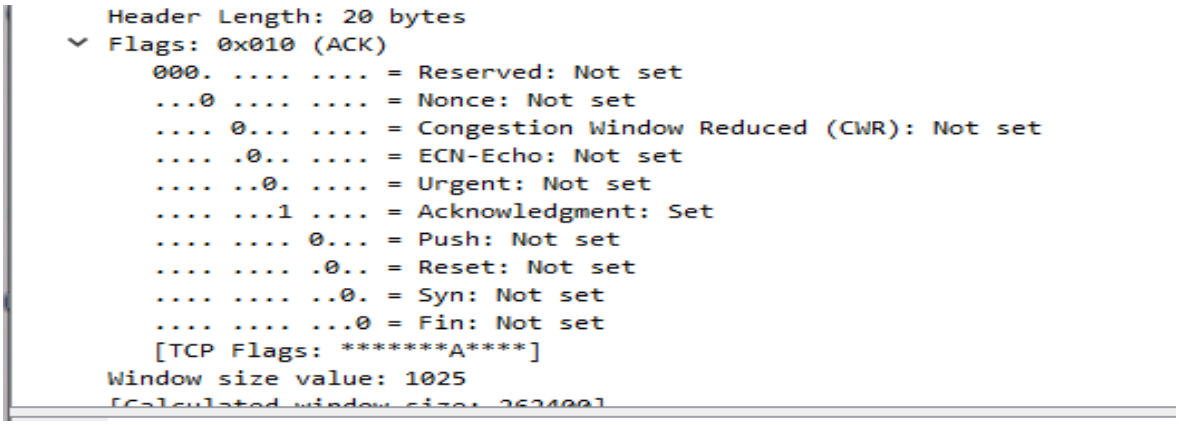
size ανήκει στα flags της επικεφαλίδας του segment του TCP. Ενημερώνει τον αποστολέα για το πλήθος των πακέτων που είναι δυνατόν κάθε στιγμή της επικοινωνίας τους να δεχτεί. Και αυτό γιατί, στην πραγματικότητα ένας κόμβος σε οποιοδήποτε δίκτυο και δει στο Διαδίκτυο, δέχεται αρκετά πακέτα που προέρχονται από πολλές εφαρμογές και κατ'επέκταση πακέτα, με άμεσο αποτέλεσμα την αυξομείωση του buffer.

Στην παρούσα εργασία, η ένδειξη του παραθύρου είναι εμφανής, λόγω του τμήματος 5) (βλ.Εικόνα 4.4). Συγκεκριμένα, στις παρακάτω εικόνες (βλ. Εικόνα 4.5,Εικόνα 4.6, Εικόνα 4.7) παρατηρείται ακόμα και στην επικοινωνία μεταξύ δυο κόμβων, ότι ο κόμβος προορισμός και το windows size του μεταβάλλεται. Και αυτό διότι, παρεμβάλλονται και άλλες επικοινωνίες με άλλους κόμβους. Να σημειωθεί ότι καταγράφεται ενδεικτικά το windows size της διεύθυνσης προορισμού 192.68.1.2 και σε συγκεκριμένες στιγμές επικοινωνίας με άλλους κόμβους. Εδώ παρατηρείται ότι το μέγεθος του παραθύρου ξεκινάει με τον αριθμό 8192 και καταλήγει στο 1020.

.

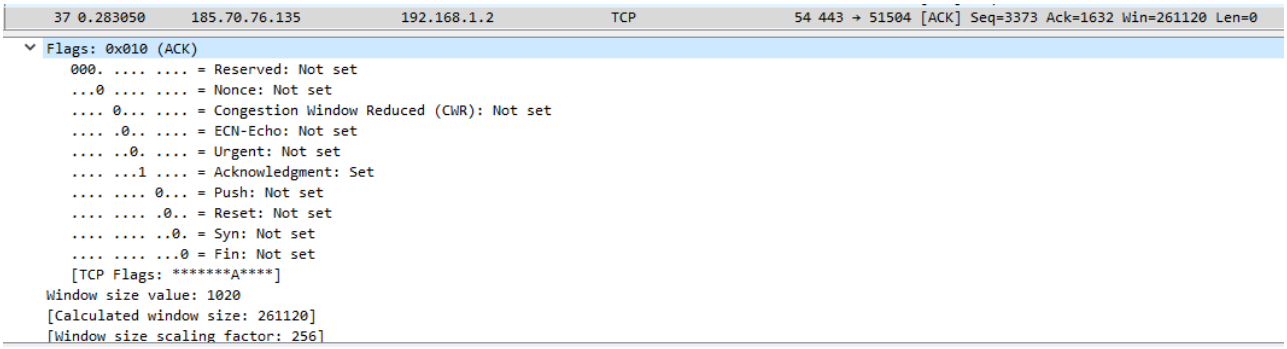


Εικόνα 4.5:Windows size για τον προορισμό 192.68.1.2



Εικόνα 4.6:Windows size για τον προορισμό 192.68.1.2 σε άλλη στιγμή επικοινωνίας

:



Εικόνα 4.7:Windows size για τον προορισμό 192.68.1.2 σε άλλη στιγμή επικοινωνίας

Επίσης, στη στήλη 4 (βλ. Εικόνα 4.4), παρατηρούνται επιπλέον πληροφορίες για κάθε πακέτο που στέλνεται σε μια επικοινωνία μεταξύ δύο κόμβων. Αυτές είναι SYN, ACK που είναι σημαίες της επικεφαλίδας του TCP segment. Λαμβάνουν τιμές 0 και 1. Το ερώτημα είναι γιατί λαμβάνουν αυτές τις τιμές και ποιος ο λόγος ύπαρξης τους.

Τα πεδία SYN και ACK έχουν σημαντικό λόγο ύπαρξης αφού συμμετέχουν στην εκκίνηση της σύνδεσης μεταξύ δύο σημείων (κόμβων). Συγκεκριμένα, πριν την έναρξη της ανταλλαγής πακέτων και δεδομένων μεταξύ δύο κόμβων, πρέπει να συγχρονιστούν αποστέλλοντας διάφορα πακέτα ταυτοποίησης. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται «Χειραψία τριών – σταδίων TCP» ή αλλιώς, όπως είναι γνωστό στη διεθνή βιβλιογραφία TCP Three-way handshake (3-way handshake). Ουσιαστικά, περιλαμβάνει τα εξής:

- Ο κόμβος Α στέλνει ένα TCP SYN πακέτο στο κόμβο Β. SYN = 1, ACK = 0

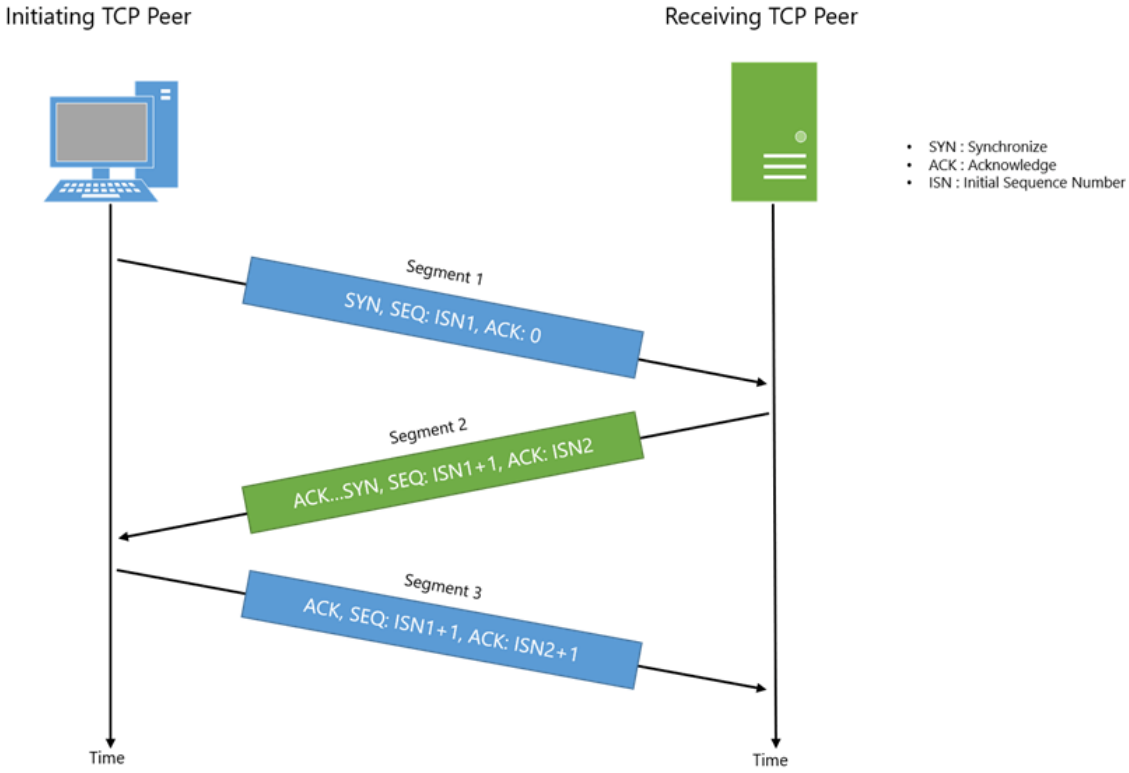
- Ο Κόμβος Β δέχεται το πακέτο αυτό. Στη συνέχεια, αποστέλει ένα πακέτο TCP SYN-ACK

  SYN = 1, ACK = 1

- Ο κόμβος Β δέχεται το πακέτο SYN-ACK και στη συνέχεια αποστέλλει ένα πακέτο ACK.

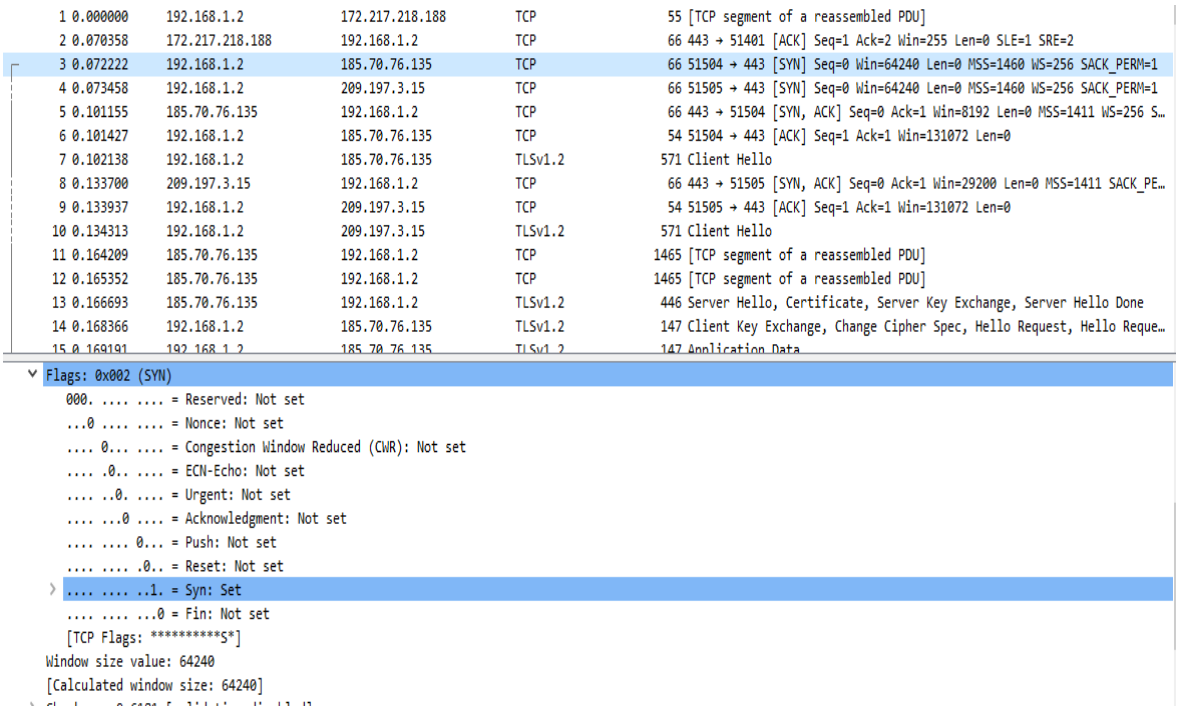
  SYN = 0, ACK = 1

- Τέλος , ο κόμβος Β το δέχεται και έτσι πια εγκαθιδρύεται η σύνδεση μεταξύ των κόμβων.

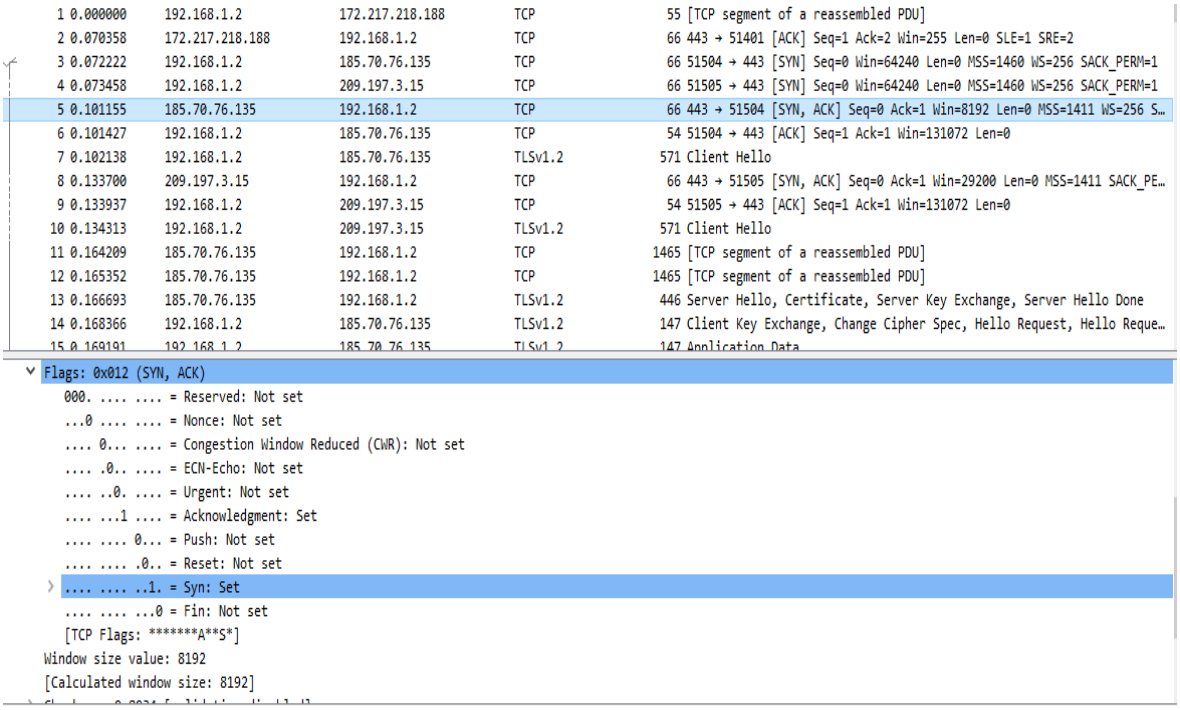


Εικόνα 4.8: TCP 3-WAY Handshake

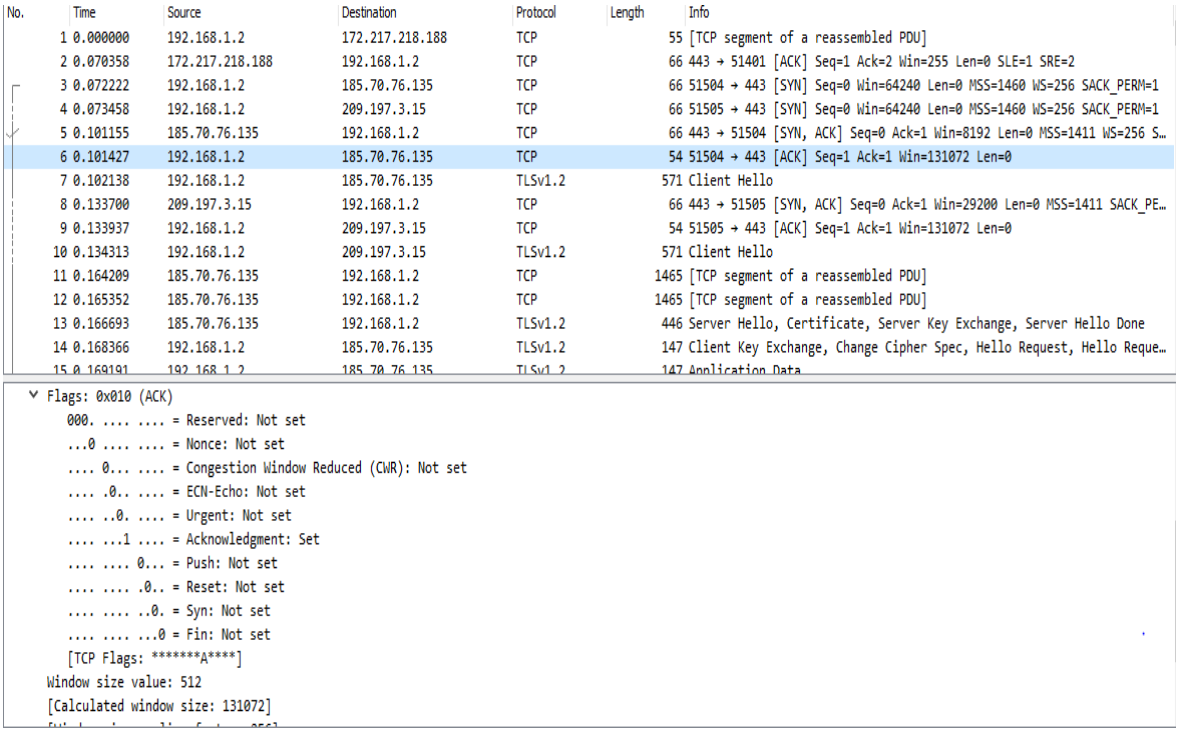
Αυτή είναι η συνήθης διαδικασία και φαίνεται και στις ενδείξεις των μετρήσεων του Wireshark , όπως φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 4.9: Βήμα 1 της Χειραψίας 3 σταδίων για την επικοινωνία μεταξύ 192.68.1.2 και 185.70.76.135



Εικόνα 4.10: Βήμα 2 της Χειραψίας 3-σταδίων μεταξύ 192.68.1.2 και 185.70.76.135



No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	192.168.1.2	172.217.218.188	TCP	55	[TCP segment of a reassembled PDU]
2	0.070358	172.217.218.188	192.168.1.2	TCP	66	443 → 51401 [ACK] Seq=1 Ack=2 Win=255 Len=0 SLE=1 SRE=2
3	0.072222	192.168.1.2	185.70.76.135	TCP	66	51504 → 443 [SYN] Seq=0 Win=64240 Len=0 MSS=1460 WS=256 SACK_PERM=1
4	0.073458	192.168.1.2	209.197.3.15	TCP	66	51505 → 443 [SYN] Seq=0 Win=64240 Len=0 MSS=1460 WS=256 SACK_PERM=1
5	0.101155	185.70.76.135	192.168.1.2	TCP	66	443 → 51504 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=8192 Len=0 MSS=1411 WS=256 S…
6	0.101427	192.168.1.2	185.70.76.135	TCP	54	51504 → 443 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=131072 Len=0
7	0.102138	192.168.1.2	185.70.76.135	TLSv1.2	571	Client Hello
8	0.133700	209.197.3.15	192.168.1.2	TCP	66	443 → 51505 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=29200 Len=0 MSS=1411 SACK_PE…
9	0.133937	192.168.1.2	209.197.3.15	TCP	54	51505 → 443 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=131072 Len=0
10	0.134313	192.168.1.2	209.197.3.15	TLSv1.2	571	Client Hello
11	0.164209	185.70.76.135	192.168.1.2	TCP	1465	[TCP segment of a reassembled PDU]
12	0.165352	185.70.76.135	192.168.1.2	TCP	1465	[TCP segment of a reassembled PDU]
13	0.166693	185.70.76.135	192.168.1.2	TLSv1.2	446	Server Hello, Certificate, Server Key Exchange, Server Hello Done
14	0.168366	192.168.1.2	185.70.76.135	TLSv1.2	147	Client Key Exchange, Change Cipher Spec, Hello Request, Hello Reque…
15	0.169191	192.168.1.2	185.70.76.135	TLSv1.2	147	Application Data

```
▾ Flags: 0x010 (ACK)
    000. .... .... = Reserved: Not set
    ...0 .... .... = Nonce: Not set
    .... 0... .... = Congestion Window Reduced (CWR): Not set
    .... .0.. .... = ECN-Echo: Not set
    .... ..0. .... = Urgent: Not set
    .... ...1 .... = Acknowledgment: Set
    .... .... 0... = Push: Not set
    .... .... .0.. = Reset: Not set
    .... .... ..0. = Syn: Not set
    .... .... ...0 = Fin: Not set
    [TCP Flags: *******A****]
  Window size value: 512
  [Calculated window size: 131072]
```

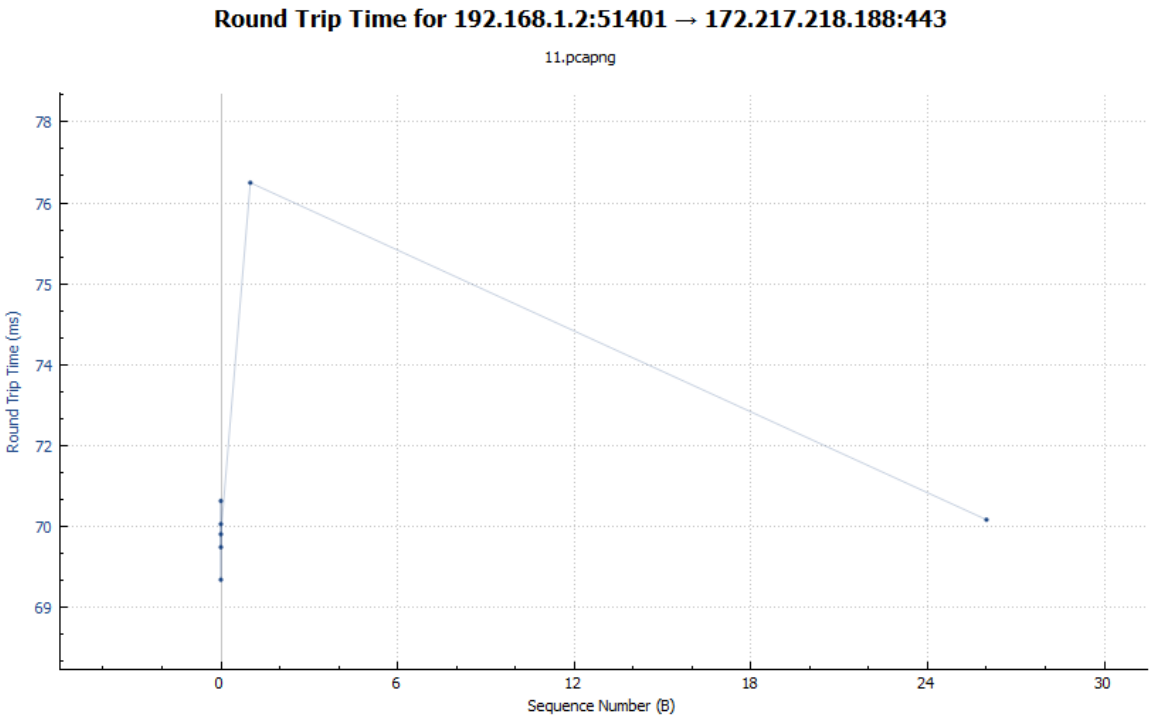
Εικόνα 4.11: Βήμα 3 της Χειραψίας 3-σταδίων 192.68.1.2 και 185.70.76.135

Παρατηρείται , λοιπόν, ότι μεταξύ αυτών των κόμβων, τα πακέτα (segment) SYN και ACK , λαμβάνουν τις τιμές

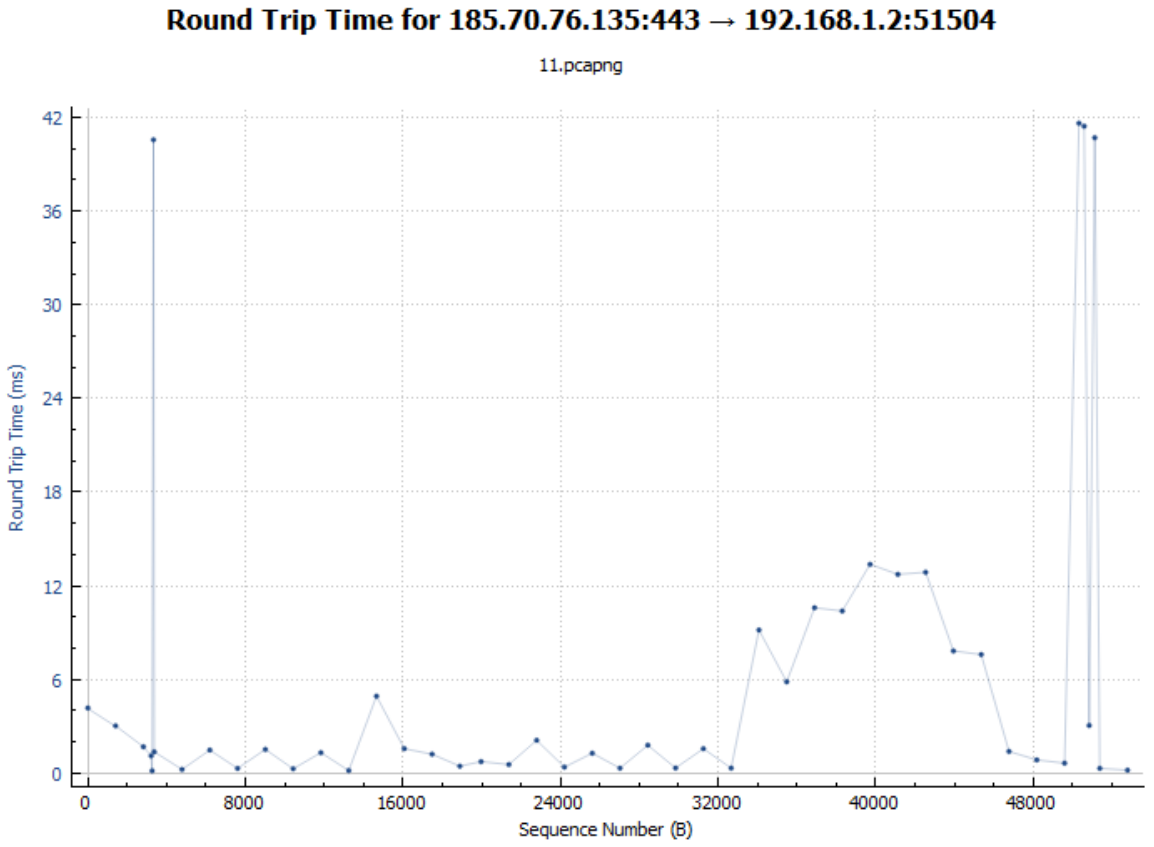
SYN=1, SYN=1 και ACK =1, ACK =1 και SYN=0 , και έτσι ολοκληρώνεται η Χειραψία τριών σταδίων για αυτούς τους δύο κόμβους και είναι πια σε θέση να ανταλλάξουν δεδομένα.

Για την εκτίμηση της συμφόρησης αναλύουμε το RTT, το throughtput, Sequence numbers καθώς επίσης και Window Scaling

Με τη βοήθεια του wireshark απεικονίζουμε γραφικά αυτές την μέση τιμή αυτών των παραμέτρων για δυο διαφορετικές εκδοχές του TCP: το TCP Cubic και το TCP Compound.



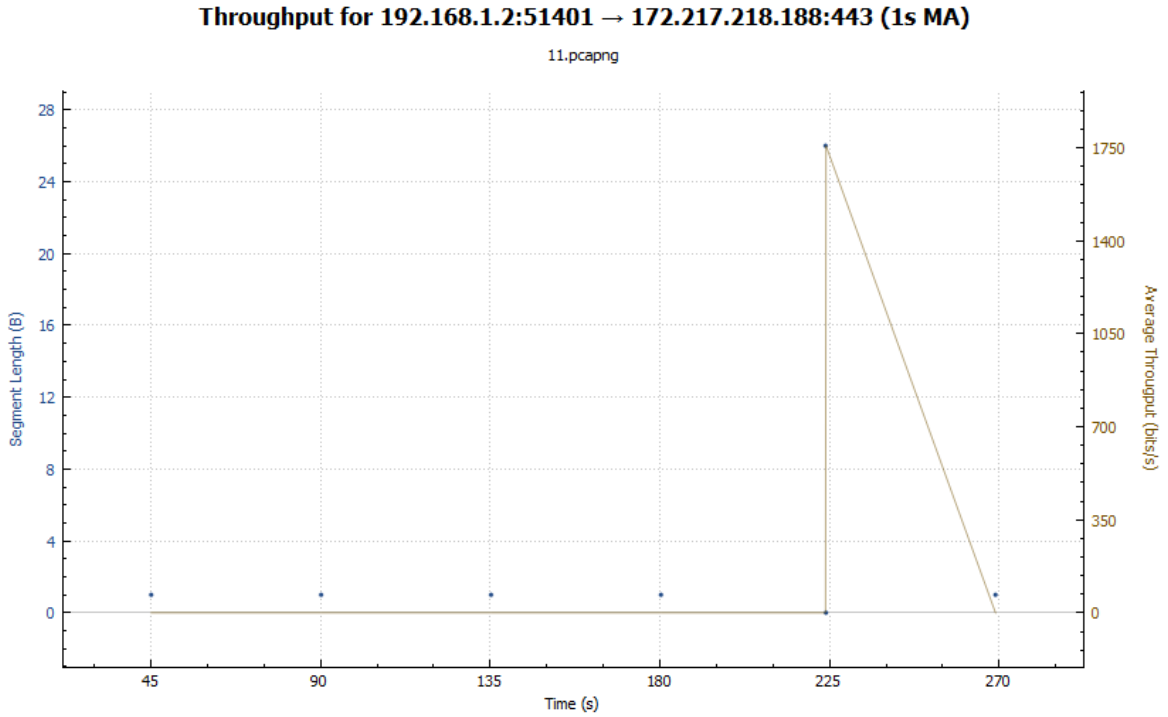
Εικόνα 4.12:RTT for TCP CUBIC



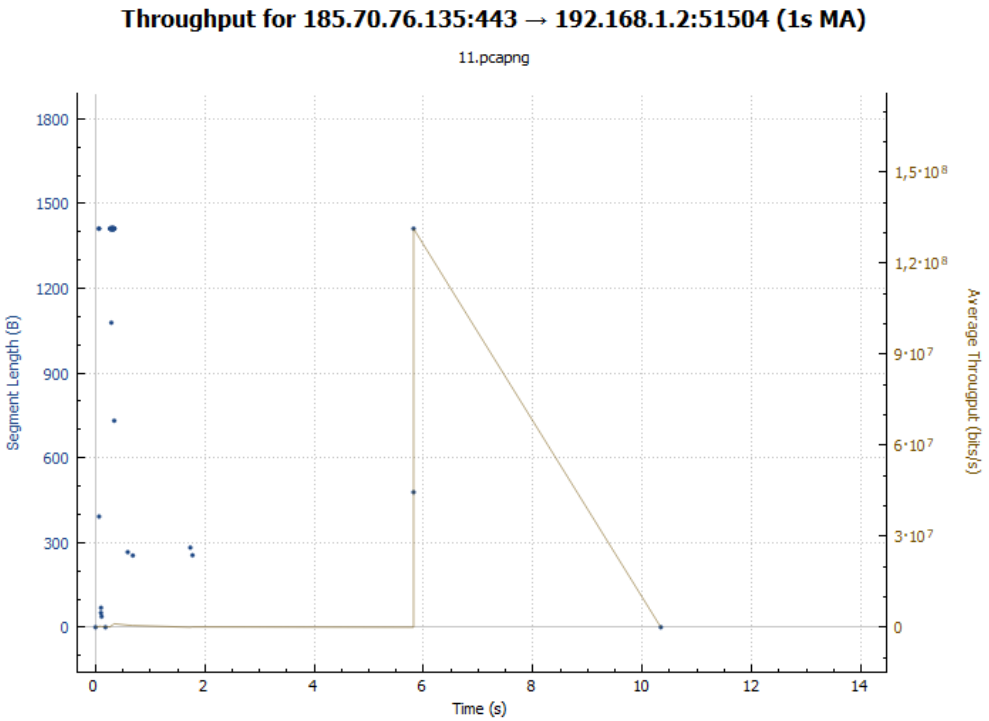
Εικόνα 4.13: RTT for TCP COMPOUND

RTT είναι ο χρόνος σε ms που χρειάζεται σε ένα δίκτυο να αποσταλεί ένα πακέτο από την πηγή προορισμού και να επανέλθει σε αυτή. Παρόλα αυτά , διαπιστώνεται μια μεγάλη

αύξηση των sequence numbers στον CTCP. Δηλαδή, παρατηρείται ότι τα πακέτα είναι στο 48000. Αυτό οφείλεται ότι το CTCP αυξάνει τη χωρητικότητα του δικτύου στη μονάδα του χρόνου. Από την άλλη, αξίζει να παρατηρηθεί , ότι ενώ υπάρχει πληθώρα πακέτων στο CTCP το RTT είναι αρκετά πιο μικρό από αυτό που παρατηρείται στον CUBIC.

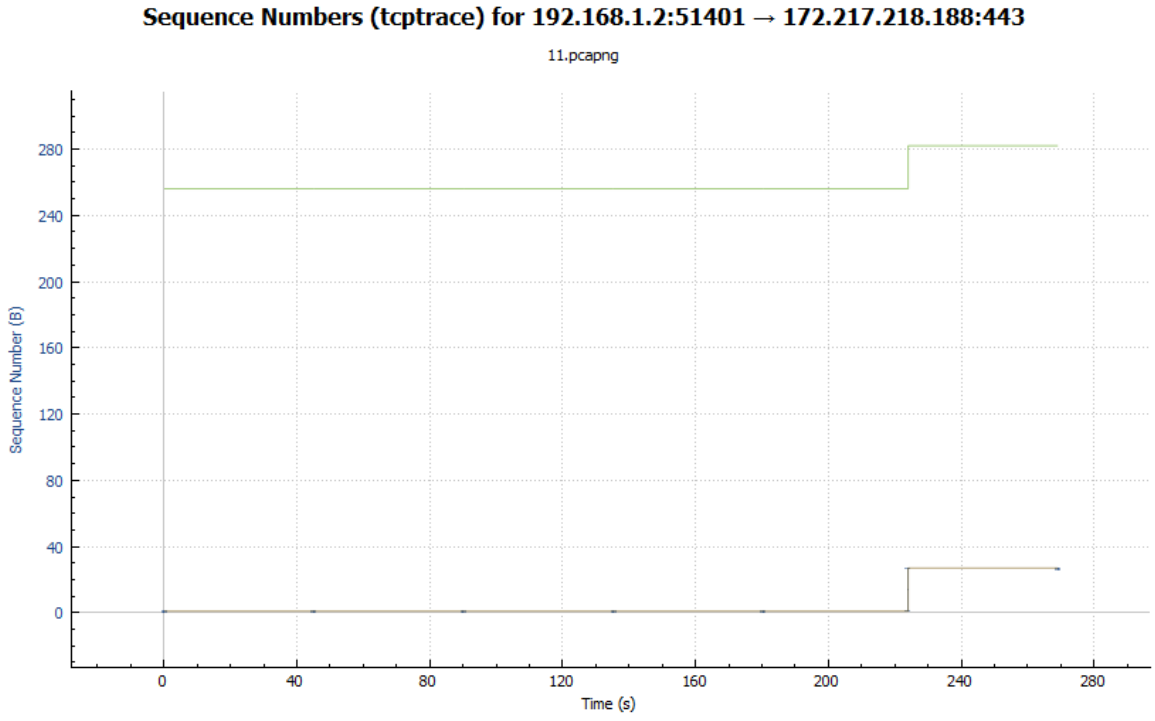


Εικόνα 4.14: Throughtput for TCP CUBIC

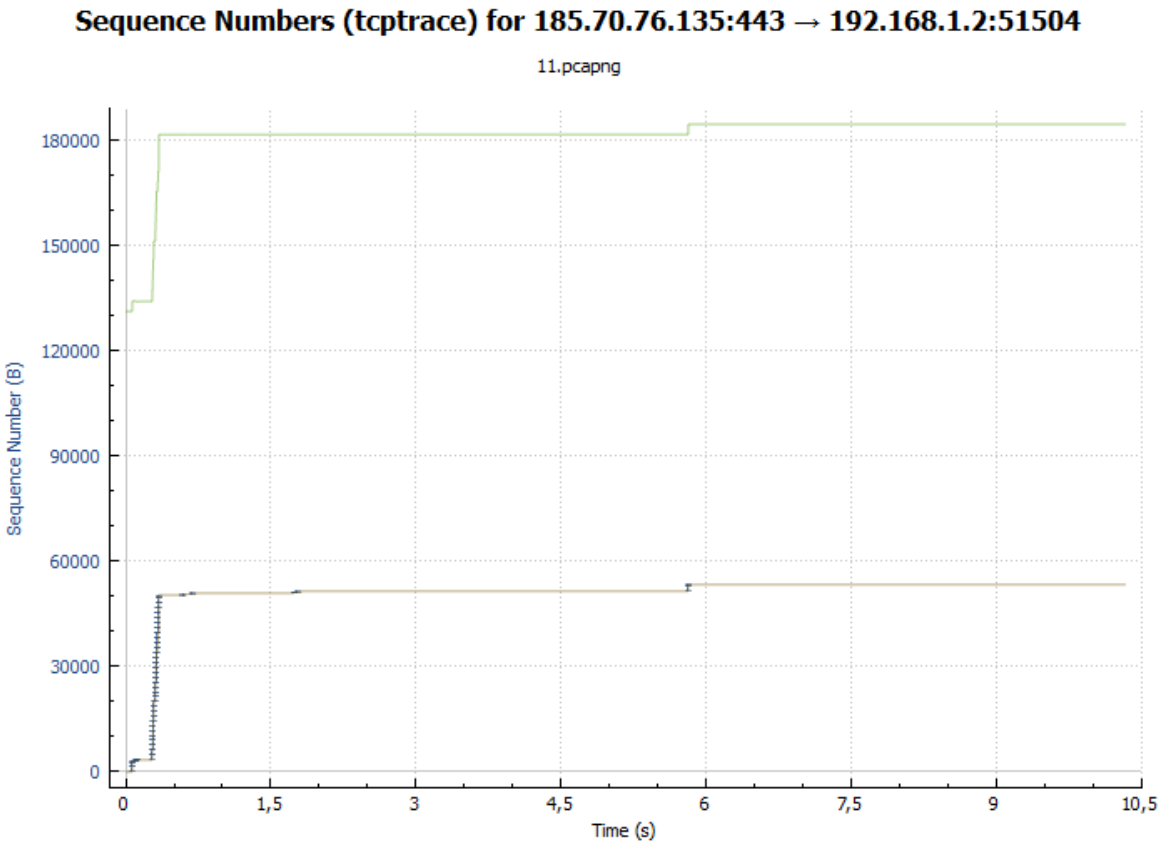


Εικόνα 4.15: Throughtput for CTCP

Ο μετρικός δείκτης throupout, έχει ήδη αναλυθεί εκτενώς σε προηγούμενο κεφάλαιο, και αναφέρεται ουσιαστικά στην ποσότητα των bits , των δεδομένων, που μεταδίδονται στο δίκτυο κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή.



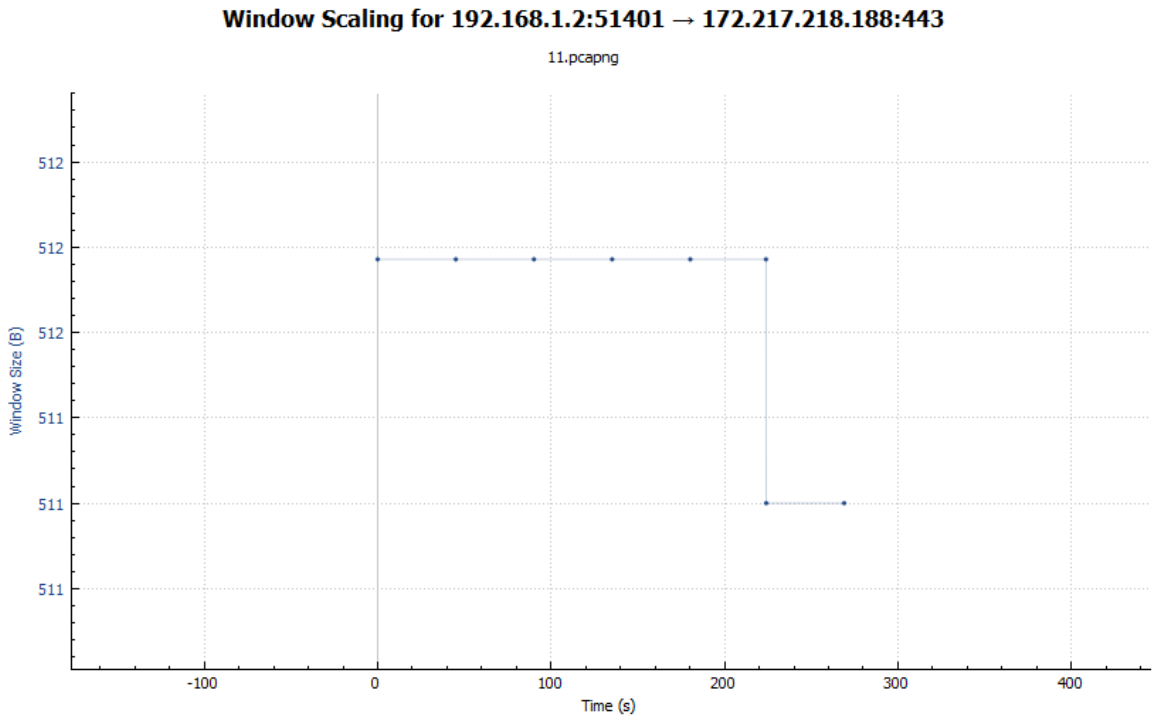
Εικόνα 4.16:Sequence Numbers for TCP CUBIC



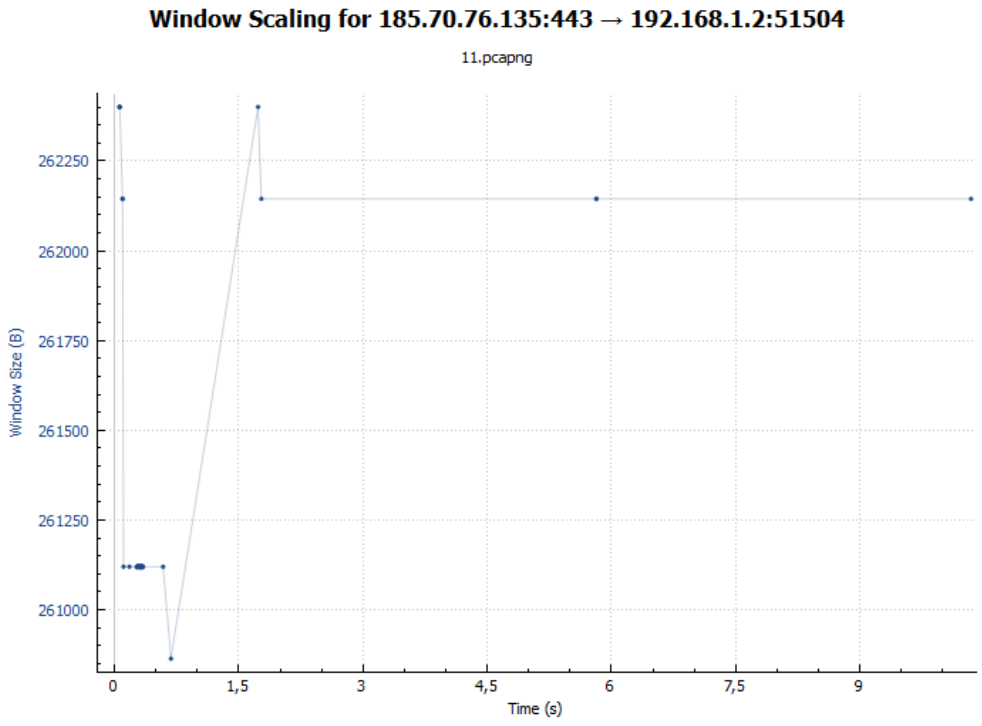
Εικόνα 4.17:Sequence numbers for CTCP

Οι αριθμοί ακολουθίας ή σειράς (Sequence Numbers) που παρουσιάζονται στις παραπάνω γραφικές παραστάσεις, είναι αριθμοί που ουσιαστικά ταυτοποιούν το κάθε πακέτο έτσι ώστε ο παραλήπτης να τα τοποθετήσει στη σωστή σειρά για να ανακτήσει τα αρχικά δεδομένα. Το TCP γενικά αριθμεί τα πακέτα του με βάση τα bytes που περιέχονται στο πακέτο ως δεδομένα. Πχ εάν το πακέτο έχει 600 Bytes δεδομένα κάθε πακέτο, τότε το πρώτο θα έχει ως αριθμό ακολουθίας το 0 , ύστερα 600, το επόμενο 1200 κοκ.

Οπότε, η μεταβολή σε κάθε έκδοση μηχανισμού είναι ανεπαίσθητη και φαίνεται ως σταθερή αφού οι μεταβολές είναι μικρές σε σχέση με τη μονάδα που βρίσκεται στον κατακόρυφο άξονα.



Εικόνα 4.18:Window Scaling for TCP CUBIC



Εικόνα 4.19:Window Scaling for CTCP

Το Window Scaling δεν είναι τίποτα άλλο παρά το Windows Size , πεδίο για το οποίο έγινε ιδιαίτερη αναφορά στις προηγούμενες σελίδες. Η απότομη αλλαγή στο CTCP, έγκειται στο γεγονός της λειτουργίας του μηχανισμού αυτού. Αναφέρθηκε ότι όταν ακόμα

το εύρος είναι ελεύθερο, το windows size αλλάζει με γοργούς ρυθμούς για να επιτύχει καλύτερη απόδοση.

Από την άλλη μεριά, στο TCP CUBIC, όσο δεν πλησιάζει το Wmax το Windows Size, παραμένει σταθερό, για αυτό και το αντίστοιχο αποτέλεσμα της γραφικής στην εικόνα 4.18

Με βάση τα προηγούμενα, εύκολα συμπεραίνεται ότι τα δίκτυα είναι ένα πολυσύνθετος και πολύπλοκος ‘οργανισμός’, με αρκετές παραμέτρους και δείκτες μέτρησης που στοχεύουν στην απόλυτη επικοινωνία μεταξύ των κόμβων. Από την άλλη μεριά, το πρόγραμμα το οποίο παρουσιάστηκε, κατέδειξε με εμφανή τρόπο την λειτουργία των δύο μηχανισμών που μελετήθηκαν, κατανοώντας περισσότερο και βλέποντας ‘ζωντανά’ διαδικασίες όπως 3-way handshake, που υπό άλλες συνθήκες φαντάζουν θεωρία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Σφέτσος Η., 2013 Μάιος, "Επικοινωνίες στην αρχαιότητα". Διαθέσιμο στον ιστότοπο : https://www.e-telescope.gr/history/world-history/ancient-communications.
Ανακτήθηκε στις 15/7/2019

2. Σταυρακάκης Ι., 2007, "Δίκτυα Υπολογιστών", Διαθέσιμο στον ιστότοπο: http://cgi.di.uoa.gr/~istavrak/courses/CN-1/slideCNJun07.1_2spp.pdf.
Ανακτήθηκε στις 15/07/2019

3. Δουκάκης Σ. & at,2014,"Εισαγωγή στις αρχές της επιστήμη των Η/Υ", Εκδόσεις : Διόφαντος, Αθήνα

4. Παπαπέτρου, 2019, "Βασικές έννοιες και ιστορική αναδρομή στα ασύρματα δίκτυα". Διαθέσιμο στον ιστότοπο: http://www.cs.uoi.gr/~epap/MYE006/downloads/lect1.pdf.
Ανακτήθηκε στις 20/07/2019

5. Ιωάννου Α., 2013,"Δίκτυα Νέας Γενιάς - Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα". Διαθέσιμο στον ιστότοπο : http://library.tee.gr/digital/m2101/m2101_ioannou.pdf.
Ανακτήθηκε στις 30/07/2019

6. Πεπούδη Α., 2009. Διαθέσιμο στον ιστότοπο: http://users.sch.gr/pepoudi/site/pages/page34.html. Ανακτήθηκε στις 5/8/2019

7. Φουληράς Π., 2015, "Ανάπτυξη και Διαχείριση Δικτύων Υπολογιστών". Εκδόσεις: Καλλίππος

8. Χειλάς Σ. Κ., 2007, "Εργαστήριο Δικτύων Η/Υ ΙΙ". Διαθέσιμο στον ιστότοπο: http://teachers.teicm.gr/chilas/files/D_III/CompNet_III_intro_01.pdf.
Ανακτήθηκε στις 7/08/2019

9. Griffin Lina, "Wireless Network Coverage: Definition & Limitations ". Διαθέσιμο στον ιστότοπο: https://study.com/academy/lesson/wireless-network-coverage-definition-limitations.html.
Ανακτήθηκε στις 10/08/2019

10. Αγγελόπουλος Γ.,2013, "Διαδικτυακά Πρωτόκολλα", ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

11. Στεργίου Ε., 2016,'Ελεγχος Συμφόρησης TCP". Διαθέσιμο στον ιστότοπο: https://www.dit.uoi.gr/e-class/modules/document/file.php/120/%ce%98%ce%b5%cf%89%cf%81%ce%af%ce%b1

%20(Presentations)/TCP-Flow-CONGESTION/TCP_congestion0(%ce%98%ce%b5%cf%89%cf%81%ce%af%ce%b1).pdf.
Ανακτήθηκε στις 13/08/2019

12. Καγιάς Μ., 2017 Μάρτιος, "Δίκτυα Υπολογιστών - Το ανεπίσημο Βοήθημα".

13. Tetcos, 2017,"Transmission Control Protocol -Comparison of TCP Congestion Control Algorithms using NetSim"

14.Ψηλομανουσάκης Π., 2007, Διπλωματική Εργασία "«Έλεγχος Συμφόρησης Κατά Τη Διάρκεια Μιας Multimedia Broadcast/Multicast Service (Mbms) Συνόδου Σε Κινητά Δίκτυα Επικοινωνιών Τρίτης Γενιάς», Πολυτεχνική Σχόλη, Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών & Πληροφορικής

15. Πουλίζος Μ. & Τσεβάς Σ. & Πατρικάκης Χ., 2015, "Ανάλυση και έλεγχος δικτύου με χρήση του εργαλείου Wireshark", Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών, ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

16. Shiv Shakti, 2014 Oktober, " TCP CUBIC –Congestion Control Transport Protocol",International Journal of in Multidisciplinary and Academic Research.

17. Mudassar A. et all,2018, "TCP CUBIC: A Transport Protocol for Improving the Performance of TCP in Long Distance High Bandwidth Cyber-Physical Systems",. Διαθέσιμο στον ιστότοπο:
https://ieeexplore.ieee.org/document/8403545 .
Ανακτήθηκε στις 20/8/2019.

18.Dominquez A.,2019, «TCP Congestion Control: basic outline and TCP CUBIC algorithm». Διαθέσιμο στον ιστότοπο : https://pandorafms.com/blog/tcp-congestion-control/ .
Ανακτήθηκε στις 25/8/2019

19. Tan K., & all, 2006, "Compound TCP: A scalable and TCP-friendly congestion control for high-speed networks",